電子發燒友叢書②

Hi-Fi電路分析與新穎電路製作

編　著：呂英敏・張戈・張兪

繪　圖：何志剛

出　版：香港無綫電技術出版社

香港九龍官塘成業街15號9樓一室

電話：3-428298・3-428299

傳真：852-3-414247

承　印：信和印刷有限公司

電話：3-453428

第一版：一九八九年四月

HK20

電子發燒友叢書②

Hi-Fi 電路分析與新穎電路製作

呂英敏●張　戈●張　俞　編著



香港無綫電技術出版社

前　言

電子發燒友叢書第一集"電視機IC直接代換與機芯檢修數據手冊"出版以後，於短短半年時間內全數售清，須再版壹萬本，足見本册"出版以後，於短短半年時間內全數售清，須再版壹萬本，足見本社出版之電子專業叢書，有一定份量內容，深受電子迷歡迎，誠非僥倖事。

電子發燒友叢書第二集"Hi-Fi電路分析與新穎電路製作"，此一熱門話題之參考書，坊間亦見不少，惟多是圍繞着音頻功率放大級討論與製作居多，對Hi-Fi系統整體而全面性論述之參考書較為少見，有者亦是過時或貧乏內容，與神速進步之電子時代頗有脫節之感；再者，有等參考書是以電路設計為重，對一般學識水平而又渴求基本知識之學者，均未能照顧。因此，本社編輯早有此見地，希望出版一本大衆化，理論與實踐同時兼顧，文字深入淺出，圖文並重，撮要而有系統性內容之Hi-Fi音響參考書。經多方搜集資料，取材及整理，終於輯成此書。

由於Hi-Fi音響技術日新月異，層出不窮，設備隨元件製作之進步而走向專業性能，層面亦非常廣濶，故很難將全部資料囊括入本書內，總有掛萬漏一情況，且本書之取材標準是以中等水平為定界，照顧到零件購買，自製難度及成本等因素，對一些已有高水平音響技術之讀者，或有所失顧，這是在所難免，日後會另行搜集該等資料，輯成一書，促使其Hi-Fi技術升級，換代更新。

由於編者學識有限，每有錯漏，望前輩及各讀者不吝賜教，幸甚。

陸明機

一九八九年三月十五日

目　錄

第一章：Hi-Fi電路分析

第一節：Hi-Fi簡介

Hi-Fi 乃是英文High-Fidelty 的縮寫，直譯爲“高保眞”的意思。現時多用來指那些能逼眞地反映原聲音信號本來面目的音響設備。

也就是說，Hi-Fi 必須忠實地把聲音信號的各個要素按原樣反映出來，即不應對原信號再加以修飾和加工。但實際上，由於欣賞音樂，往往因人、因環境而異。因此要滿足各人在各種環境下，能滿意地欣賞音樂，故現時的Hi-Fi 常加進多種調節，修飾裝置，使得重現的聲音能按欣賞者的要求在特定的環境中變得更加優美動聽。

然而怎樣的聲音才算好聽呢？對於語言來說，只要求它清晰自然即可；而對音樂來說，則較爲複雜，有句話說得好“音樂是一種不可思議的東西，完全靠感覺來獲得”。而這種感覺則因人而異，且隨着音樂修養的提高而越趨靈敏。但這也不是說欣賞音樂就沒有一個標準，這個標準有技術標準和藝術標準。前者由儀器測得，而後者則是靠感覺獲得，其要求是應使聆聽者有臨場感，即能夠再現音樂廳裏的那種氣勢磅礡，宏偉動聽，感染力強等特點，而且能在兩音箱之間復現整個樂隊完整的聲像群，使聽者感到聲音是來自前面的一個舞台。消除了“鎖匙孔效應”。另外還能更好地重現混響效果，使聽者有一種被聲音的包圍感。對於移動的聲象，也能良好的再現，令聽者能感覺到。因此要獲得良好的重放效果，則一套優良的Hi-Fi 系統及一個良好的放音場所是必

不可少的。其次根據信號的特點、場地的局限，借助於各種技術手段，對聲音信號加以修飾和美化，使之達到理想的藝術效果，也是一種常用的必要手段。

與普通的音響設備一樣，一套完整的Hi-Fi 系統應包括：

1. 信號源器件：如調諧器、錄音卡座、電唱機、激光唱機、話筒等。

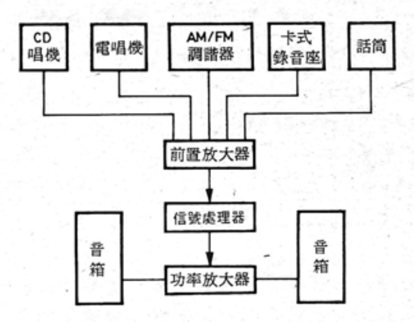
2. 信號處理器件：如頻率均衡、混響器、環繞立體聲處理器等。

3. 放大器件：如前置放大器、功率放大器等。

4. 聲音還原器件：如音箱、音柱、立體聲耳機等。

5. 控制器件：如遙控器、定時控制器等。

圖(1)爲一套典型的Hi-Fi 系統框圖。



圖(1)：典型的Hi-Fi系統框圖。

音響技術發展至今，現時大多數信號源之性能都有很大改善且所輸出的都是立體聲信號。對於調諧器，它的接收性能已越來越好，失眞度越來越低，隨着數字頻率合成等的新技術的應用，使調諧器的功能和性能更趨完美，現在不少的調諧器已具有頻率自動搜索和自動跟踪等功能。對於錄音卡座和電唱機，由於放音等化電路的不斷改進，及降噪電路的升級換代，使得其聲音的還原度也到達一個新的水平。目前，錄音卡座正向多軌迹、多馬達

及數字化方向發展，而電唱機則因激光唱機的出現，正逐漸被後者取而代之。激光唱機乃當今最新音響技術的結晶，其採用了新型的激光拾音器，獨立的機芯懸浮系統，高平衡特性的伺服機構，數字濾波器等。具有能顯示唱片的章節、曲目，隨機編程，自動選曲，預選曲目和重復放音等功能。而且失眞度很小（小於0.003%），頻響寬達20～20000 Hz，信噪比、動態範圍和立體聲分離度均大於90 分貝。現它正以迅猛的速度進入人們的家庭。表(一)列出了一些常用信號源的輸出特性。

表(一)

常用信號源的輸出特徵

信號源		輸出阻抗	輸出電壓	對放大器的要求
調諧器		幾～十幾千歐	幾十～幾百毫伏	
半導體收音機	檢波輸出	幾千歐	幾十毫伏	
	揚聲器輸出	很低	0.1～2伏	輸入阻抗接近揚聲器阻抗
錄音機	磁頭	幾百～幾千歐	零點幾～幾毫伏	需要頻率均衡
	低阻線路	600歐	幾十毫伏～1伏	阻抗匹配
	高阻線路	幾～幾十千歐	幾十～幾百毫伏	
拾音機	壓電式	幾百千歐～1兆歐	0.1～2伏	高輸入阻抗
	動磁、動鐵式	幾百～幾千歐	1～10毫伏	需要頻率均衡
	動圈式	幾十歐	幾十～幾百微伏	需要頻率均衡
傳聲器	高阻動圈式	約25千歐	幾～幾百毫伏	
	低阻動圈式	200～600歐	幾～幾十毫伏	
	電容式	200～300歐	幾十毫伏～1伏	

信號處理器件以往多爲錄音棚中專有的寵物。現時隨着人們生活水平地提高，以及技術的完善使得此類器件的價格降低。此類器件正越來越多的走進家庭，同時也爲發燒友開闢了一個新的天地。均衡器的應用，它不但能補償你放音時的頻率缺陷，而且還能減少你的房間在放音時所產生的駐波影響，而殘響器、立體聲擴展器、環繞聲處理器等，則能使你身在居室，便能感覺到如身臨劇場的音響效果。而"卡拉ＯＫ"則能滿足你不費多少心機，即能請到你所鍾意的樂隊到你家裏爲你伴唱。總之，這些信號處理器件的廣泛應用，大大增添了Hi-Fi 的功能，使其的聲音重放效果更加動聽、傳神。

放大器件一般都稱爲擴音機。一台擴音機可分爲前置放大器、推動級、功率放大器和直流電源等四個部份。從各個信號源送來的音頻信號，經過前置放大器放大，得到一適當的電平信號，送入推動級處理後最終加到功率放大器成有足夠功率的電信號，再送給聲音還原器件。而電源部份則爲前置、推動、功放級提供平穩的直流工作電源。

目前，Hi-Fi 所用的聲音還原器件，多爲音箱，而音箱則由揚聲器和箱體構成。現時所用的揚聲器多爲電動式，此類揚聲器種類很多，性能也不錯。但無論如何，也無論選用那一種揚聲器，要單靠它來理想地重現整個音樂頻譜是目前還難以做得到的。因此，爲欣賞完美的音樂，常用若干個不同直徑，不同結構的揚聲器，組成揚聲器組，配合上性能良好的音箱，再用分頻的方法，讓各個揚聲器各司其長，分別去重現高、中、低各頻段的音樂，才能達到滿意的效果。

隨着電子技術的發展，音響電路不斷推陳出新。Hi-Fi 系統也在更新換代。如電子分頻、3Ｄ系統、有源綫相分音網絡、四聲道立體聲等新技術的出現，已經把傳統的全頻率放大分解成局部頻段放大，使之頻率特性更佳。因此，必會將人們帶進一個更加完美的音樂世界。

第二節：Hi-Fi整機電路分析

前一節我們對Hi-Fi已有了一個初步的了解，本節我們結合夏普(SHARP)的GF-800Z(S)型四波段、多功能便携式雙卡Hi-Fi 立體聲收錄機進一步分析Hi-Fi機型的電路原理。

GF-800Z(S) 機，收音（調諧器）分MW、SW1、SW2、FM 4個波段，由於採用最新高中放及立體聲解調IC，因而使得其接收靈敏度高，抗干擾性強，立體聲分離度好，錄音座處分A、B兩個卡式座，兩個卡式座除分別能進行獨立的放音外，還可以進行連續放音。另由於採用APLD/APPS 電腦選曲及節目暫停功能，故為磁帶複製和編輯帶來了方便，在複製磁帶時還可根據需要選擇常速和倍速兩種方式。此外該機還備有一個LCD顯示用的數字時鐘，通過它可實現定時開、關機及定時錄、放音功能。由於10 段均衡器的加入，故可根據音樂及個人的興趣調節音質，使收聽效果更佳。本機功放最大輸出功率為52W（2×26W）採用16cm的軟墊低音揚聲器及5 cm的高音揚聲器組成的雙聲道4喇叭揚聲器系統放音。

主要技術指標

調諧器：
- MW ：526.5～1606.5KHz
- SW1：2.3～7.3MHz
- SW2：7.3～22MHz
- FM ：87.6～108MHz

信噪比：A卡放音＞55 dB
　　　　B卡錄音＞50 dB

全通道失真：＜4％

混音外接話筒：600 Ω

最大輸出功率：52W（2 × 26W）

電源：AC110～127V and 220V～240V 50/60Hz
　　　DC 15V

立體聲左右聲道分離度：＞24 dB

錄、放音：
頻響：30～14000Hz（普通帶）
　　　30～16000Hz（CrO_2）
　　　30～17000Hz（金屬帶）

綫路輸出電平：0.6V

綫路輸出阻抗：50KΩ

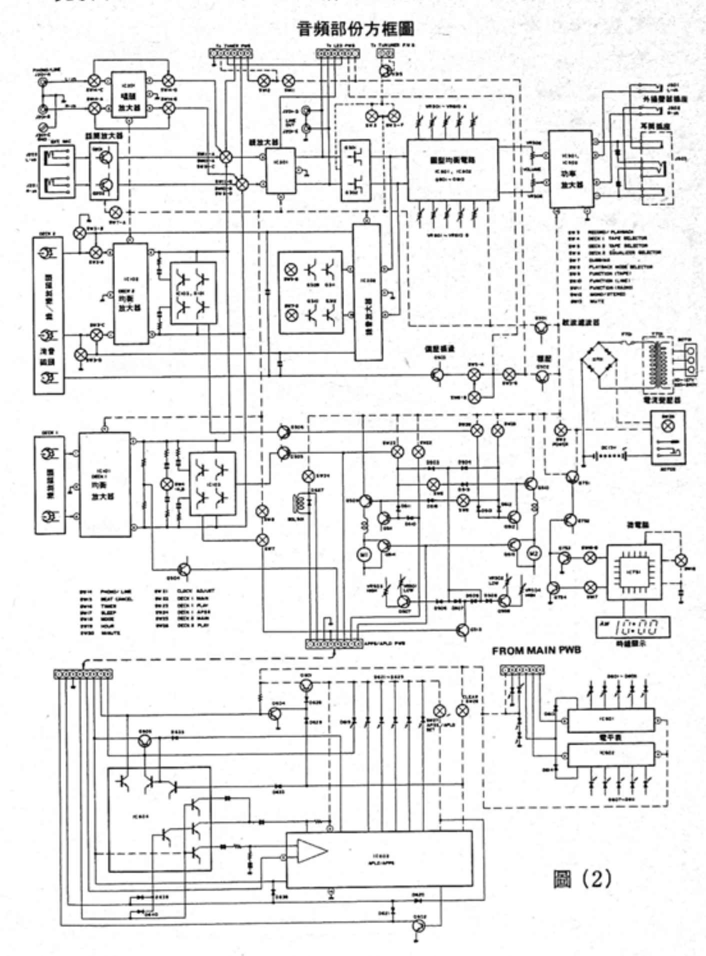
負載阻抗：8Ω～32Ω

外接揚聲器：8Ω～16Ω

電路原理

圖(2)為GF-800Z(S)機的原理框圖（收音部份原理框圖見後），現將其電路圖一一解體介紹。

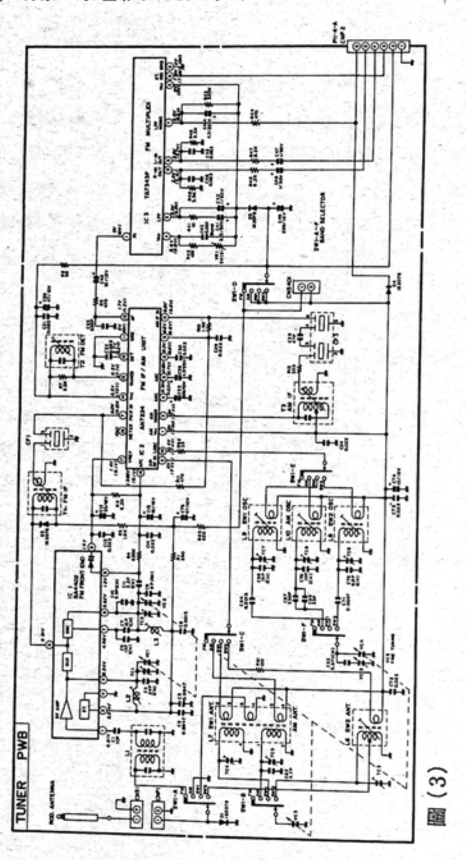
音頻部份方框圖



圖(2)

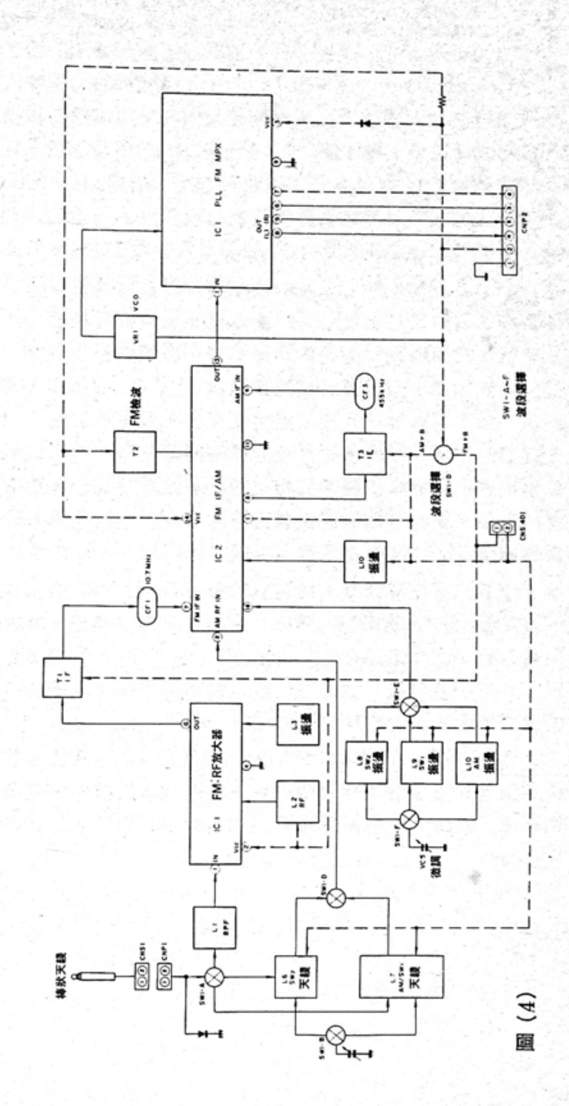
一、調諧器電路

圖(3)爲該機收音部份電路原理圖。三塊IC及外圍電路構成了AM/SW_1/SW_2/FM收音系統。其中BA4402作FM振盪、高放，AFC，AN7224作AM/FM中放，TA7343則作爲FM立體聲解碼用。原理框圖見圖(4)。



圖(3)

調諧器方框圖



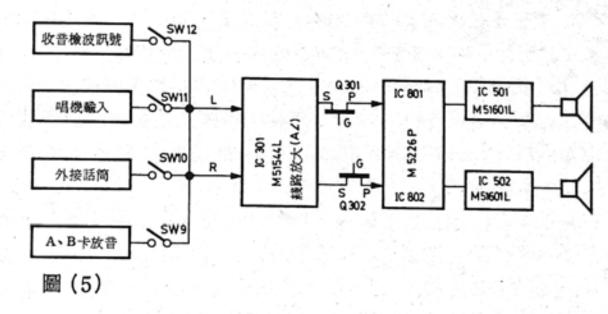
圖(4)

由圖中可見，由天綫接收到的調頻訊號經過 L_1 帶通濾波器（88～108MHz）後，由 IC_1（BA4402）的①腳輸入經內部的高頻調諧放大器放大後，直接在塊內與來自本機的振盪訊號在混頻器進行混頻，由 IC_1 的⑤腳輸出FM的中頻訊號，通過 T_1 調頻中周及 CF_1 中頻濾波器後進入 IC_2（AN7224）的⑦腳進行中頻放大及檢波。FM立體聲訊號的解調由 IC_3（TA7343）完成。當立體聲複合訊號由 IC_3 ①腳輸入，經IC的音頻放大後送往鎖相環鑒相器，第二系統的幅度鑒別器與立體聲解調器。在鑒相器中，導頻訊號與相移90°的本機副載波進行相位比較，產生一個正比於兩訊號相位差的誤差電壓，經環路濾波器後，放大後成一控制電壓，用以控制壓控振盪器（VCO）的頻率與導頻訊號同步。壓控振盪器一旦被鎖定，便產生一個與發射機同頻同相的38KHz 本機副載波，並送往立體聲開關電路，供解調用。在幅度鑒別器中，導頻訊號與同相位的副載波進行比較，產生一個正比於導頻訊號幅度的觸發訊號去控制觸發器，當訊號大時，觸發器翻轉，點亮立體聲指示燈，立體聲開關接通，同頻同相的副載波38KHz 送往解調器，便從立體聲複合訊號中分離出原來的左、右聲道訊號，分別由 IC_3 ⑧、⑨腳輸出。當立體聲/單聲道轉換開關 SW_{12} 置"MONO"（單聲道）時，IC_3 的⑦腳得到直流電壓，其VCO 停振，立體聲開關電路不能工作，解碼器成爲普通的差分放大器，此時變成單聲道。

AM/SW_1/SW_2 訊號的獲得仍通過 IC_2 及各自的諧振選頻網絡，此時 IC_2 兼作調幅台訊號的高放、混頻、中放及檢波等。調整 T_3 AM 中周便可得到足夠大的中頻增益。

二、放大器電路

放大器的電路原理如以原理方框表示則如圖（5）。圖中可見各種輸入訊號源分別由轉換開關 SW_9-SW_{12}、注入 IC_{301}（M51544L）（IC_3 是一種附自動電平（ALC）控制的雙前置放大器，其訊道平衡性能好，輸入耦合不用電容器。因而是一種較爲優良的雙前置放大器），放大後的音頻訊號可分爲二路，一路作爲綫路輸出訊號（0.6V/50KΩ）；另一路經場效應管 Q_{301}、Q_{302} 輸送到十段音調補償控制網絡，然後送到 IC_{501}、IC_{502}（M51601L），作BTL 式功率放大，進而推動揚聲器發聲。



圖（5）

三、錄放音電路

錄放音電路中，A、B兩卡座的EQ 放大器（頻率均衡電路）分別由 IC_{101}、IC_{102}（BA328 是一種單片雙通道前置放大器IC，其開環增益高、噪聲低、動態範圍寬，且有優良的雙通道平衡特性0 dB）及外圍元件擔綱。B卡的錄音EQ 放大器主要由 IC_{302}（M51544L）及外圍構成，錄音訊號取自場效應管 Q_{301}、Q_{302} 的"D"腳。錄音偏磁電路則由 Q_{503} 及其它LC元件組成，其振盪頻率爲100KHz ± 3KHz；偏磁電流：普通帶爲420μA，CrO_2（二氧化鉻）帶爲600μA，metal（金屬）帶爲850μA。

switching EQ networks by TR switches

爲了保證在使用不同的磁帶，不同的錄音速度時能獲得最佳的頻率響應，故電路中可利用Q_{309}、Q_{310}、Q_{311}、Q_{312}的導通與截止來改變錄音時的RC電路，以保證EQ 放大器補償電路能根據磁帶、錄音速度的不同而實時改變，從而確保得到理想的頻率響應。

四、機芯控制電路

本機的控制電路較多，故可細分爲以下幾種：

1. 正常的工作狀態：

正常卽是說大家共有的東西，卽當按下A、B兩卡式座的放音鍵(PALY)時，SW_{23}、SW_{26}閉合，使三極管Q_{511}、Q_{512} b極得一正向偏置而導通，三極管Q_{509}、Q_{510}亦相應導通，A、B兩卡式座的馬達得14V 電壓而運轉，整機進入正常的放音狀態。與此同時，經插座CNP602 的⑥腳供給電腦板放音電壓(PLAY ＋ B) 14V。

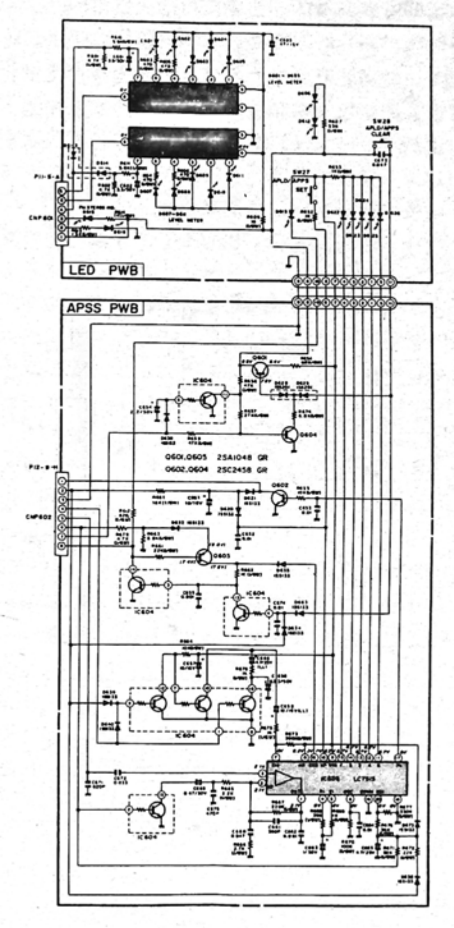
當按下FF·REW（快進·快到）鍵時，由於兩個機芯上的MAIN觸點SW_{22}和SW_{25}的閉合，使14V電源經二極管D_{510}和D_{512}加至Q_{511}、Q_{512}的b極，於是Q_{509}、Q_{510}、Q_{511} 、Q_{512}均導通，兩卡式座的馬達得電而進入FF·REW狀態。

2. APLD／APSS控制電路

另本機還具有APLD／APSS（電腦選曲／手動選曲）功能。在本機中只要在面板上按下SET鍵(SW_{27})，預置選曲數(可預置5曲)，然後按下放音鍵和快進（快倒）鍵，當磁帶快速地走到所選節目的始端時，快進（快到）鍵便自動復位，機芯自動進入放音狀態。這就是APLD的功能。

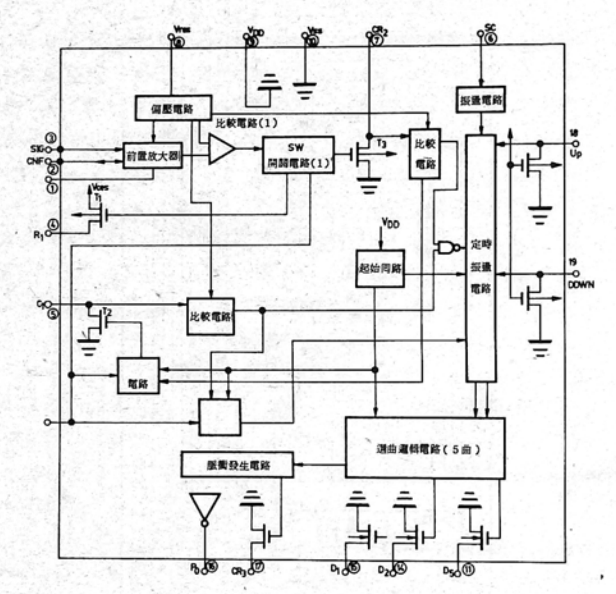
當在A卡式座放音或A、B兩卡式座間進行複錄時，若在SW_{27}(SET) 先預置選曲數，則在到達了預置曲以後，則機面板上的黃色LED亮，並顯示END(結束)，A、B兩卡式座的馬達自動停止轉動。這便是APPS的功能。

由電路圖(6)中可見APLD／APPS兩個功能分別由IC_{603}(LC7515) IC_{604}（TD62504 ）及其外圍電路共同完成。



圖(6)

IC_{603}（LC 7515 ）是二十腳狹長型集成塊。圖（7）是LC7515集成電路的內部框圖，此單片C-MOS IC 是以現置的一曲爲基準在向前或向後的5曲範圍內選出所需的曲子。而且這種IC電路能應用其外附的電容、電阻，確定曲間檢出時間和有曲檢出時間。由於曲間計數動作的觸發脈衝是有曲檢出脈衝和曲間檢出脈衝的與非輸出，它和曲間檢出脈衝的狀態無關，在集成塊④、⑤引出腳C_1、R_1決定的時間內，並不把干擾脈衝看作爲有曲狀態，連接干擾波的曲間也不被計數，所以LC7515型的選曲集成塊能有效地抑制脈衝干擾及噪聲。



圖（7）

爲了便於分析，現將主通道A板和電腦C板間的CNP602插座的各引出腳的作用作一說明（其中＋B代表電源電壓）：

引出腳序號	1	2	3	4	5	6	7	8
作用	APSS輸出	APSS+B	接地	倍速+B	APLD信號注入	PLAY +B	快進、快到 +B	馬達控制信號

究竟如何完成APLD和APPS 功能的呢？我們不妨參閱本機的電原理圖作一簡單的介紹。

1.集成塊LC7515的①②③腳組成了前置放大器，A卡EQ放大器輸出的APLD信號經CNP602 插座⑤端注入上述前置放大器的③腳，其②腳是反饋端，用來控制放大器的增益。

呈放音狀態時，由插座CNP602的⑥引出腳引進放音電源電壓（PLAY＋B），它使反相器IC_{604}的②腳呈高電平，則IC_{604}的⑮腳便呈低電平，電容C_{669}（0.47μ/50V）和C_{675}（470P）並聯接地，這樣IC_{603}的②腳對地的阻抗變小，前置放大器的增益得到了提高。

當錄音座處於APLD工作狀態時，由於反相器IC_{604}的②腳無電源電壓，使其⑮腳呈高電位，電容C_{669} 相當於開路，由於IC_{603} ②腳輸入阻抗變大，使前置放大器的增益下降。

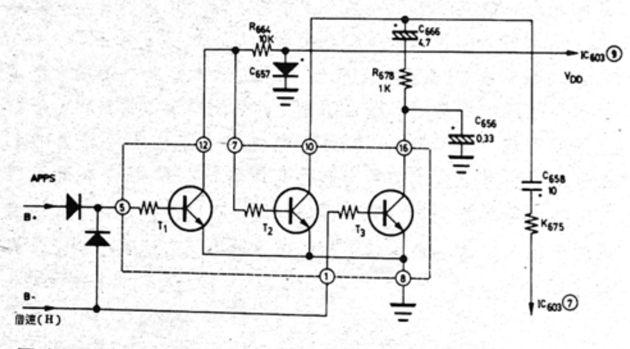
爲什麽要在PLAY和APLD 兩種工作狀態時控制放大器並使其具有不同的增益呢？因爲磁頭上面的磁感應電動勢和磁帶的行進速度有關。速度快，磁頭感應電動勢大。由於處在APLD狀態的磁帶行進速度比放音時的行進速度快，所以注入集成塊LC7515③腳的信號大，爲了確保在注入不同的信號時，集成塊內檢波的輸入幅度一致，就必須採用上述方法以達到控制放大器增益的目的。

2. IC603 的④、⑤腳對應的是有曲時間積分電路 。APLD信號經放大和檢波後進入集成塊內的比較電路的輸入端。在有曲時，信號電平大於比較電平時，開關電路 SW_1 輸出高地平，集成塊④腳 R_2 對應的 T_1 晶體管導；，於是信號對 R_1 和 C_1 充電（R_{668}，C_{663} ），形成了有曲時間積分電路（參閱 IC_{603} 內部方框圖），當充電電壓大於⑤腳 C_1 端內施密特比較電路的電平時，此比較電路輸出有曲檢出脈衝。當APLD信號在曲間空白處時，④腳對應的內部晶體管 T_1 截止，則⑤腳 C_1 端電容經過該引出端對應的內部晶體管 T_2 迅速放電。

3. IC_{603} ⑦腳對應 Cr_2，該引出端外接的C、R的大小決定了曲間檢出時間。當錄音機工作在不同的工作狀態時，曲間檢出時間也不同。這樣有利於對各種不同的工作狀態加以識別。下面分三種不同的工作狀態來分析其對應的R、C值：

a、定速：由於反相器 IC_{604} 的⑤腳無高電平，所以，T_1 截止，T_2 導通，T_3 截止；（見圖(8)）。IC_{630} 中⑦腳對應的R、C值如圖(9)(a)所示。

b、倍速：反相器 IC_{604} 的⑤腳得到倍速＋B高電平，所以，T_1 導通，T_2 截止，T_3 導通（見圖(8)）。IC_{603} 中⑦腳對應的RC值如圖(9)(b)所示。



圖(8)

c、APLD：反相器 IC_{604} 的⑤腳由二極管 D_{639} 從插座CNP602②腳得到APLD＋B的高電平，所以，T_1 導通，T_2 截止，T_3 截止（見圖(8)）。IC_{603} 中⑦腳對應的R、C值如圖(9)(c)所示。

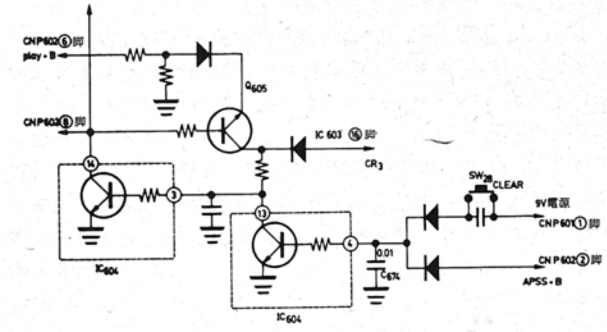
IC603 ⑦ R675 1K C658 10 (a)

IC603 ⑦ R675 1K C658 10 C666 4.7 R678 1K (b)

IC603 ⑦ R675 1K C658 10 C666 4.7 R678 1K C656 0.33 (c)

圖(9)

4. IC_{603} 的⑯腳爲 CR_3 端，它的作用是在預置節目數到達後，輸出一個正脈衝控制馬達的儲存電路，圖(10)是該電路的原理圖。



圖(10)

節目暫停（APPS）功能就是依靠此原理得以實現的，在A卡放音（或在A、B卡間復錄）時，三極管 Q_{605} 的發射極電壓約8V，在預置節目數到達後，IC_{603} 的⑯腳輸出的正脈衝使反相器 IC_{604} 中③腳呈高電平，其⑭腳呈低電平，而處於等待狀態的

三極管Q_{605}由於基極正偏而導通，於是IC_{604}中③腳繼續呈高電位，其⑭腳繼續保持低電位，由於此時處於自鎖狀態便使CNP602插座⑧腳呈低電位，A、B兩錄音座的馬達停止轉動，面板上發光二極管D_{619}由於正向偏置而點燃，即黃色指示燈亮並顯示END（結束），整機便進入自動暫停狀態。

參閱後面的馬達控制電路示意圖可知，若在穩速放大器的輸入端短路，馬達便停止轉動，而上述的儲存電路使CNP602 ⑧腳是低電位，恰好滿足了連接在穩速放大器輸入端的三極管Q_{514}、Q_{515}導通的條件，所以便馬達進入暫停狀態。

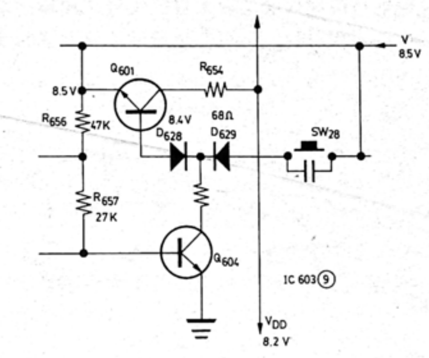
如果要結束暫停狀態，可以按面板上的SW_{28}清除鍵（CL-EAR）。因爲當消除鍵按下時，反相器IC_{604} ④腳呈高電平，而反相器的⑬腳爲低電位，破壞了上述電路反鎖狀態。於是反相器IC_{604}的⑭腳爲高電位，則馬達控制電路中的三極管Q_{514}、Q_{515}因基極沒有負偏而截止，馬達內的穩速放大器導通，馬達便恢復轉動，同時黃色指示燈（END）亦因二極管D_{619}反偏而熄滅。A、B兩錄音座又恢復到正常放音狀態。

5. IC_{603} ⑰腳（P_0）的功能是在節目自動（APLD）選曲結束後向機芯中的電磁鐵控制電路提供一個開關信號。開關時該輸出端的電壓爲50V。在預置鍵SET按下某一選曲數後，使A錄音座進入自動選曲狀態，此時IC_{603}的⑰腳保持高電平，選曲數結束後，P_0端立刻輸出一個負跳變，使三極管Q_{602}截止。所以在整個選曲過程中，由於Q_{602}的導通，電磁鐵綫圈中有電流流過，帶動電磁鐵吸住，通過機芯中的機械動作，使磁頭後退，微貼磁帶，選曲完畢後，P_0輸出負脈衝，Q_{602}截止，電磁吸鐵斷開，即A錄音座機芯中的SW_{24}APSS觸點分開，磁頭又向前貼住磁帶，進入正常的放音狀態。

6. IC_{603}中⑱腳UP是節目預置端，按一次SET鍵，該端便從低電位跳到高電位。這個正脈衝使IC_{603}內部的移位儲存器進一位。該集成塊的⑮～⑪腳依次由高電位變爲低電位，再變到高電位。則⑮～⑪腳相應連接的發光二極管D_{622}～D_{626}依次發光、熄滅。比如：預選三個曲子，就可以按三次SW_{27} SET鍵，則

IC_{603}的⑮⑭⑬腳的電位依次由高→低→高，最後只有⑬腳呈低電位，對應的發光二極管D_{624}保持發光狀態，APLD選曲開始後，每到曲間，集成塊內施密特電路便輸出一個計數脈衝，使移位存儲器退一位，對應的發光二極管就回跳一位，直到最後一個節目選完，指示燈全閉熄滅，錄音座恢復放音狀態。

同樣，正如使APPS暫停狀態結束一樣，只要按一下SW_{28}消除鍵，就能將原來SET鍵預選的節目數抹掉。在圖(11)中，三極管Q_{601}、Q_{604}的初始狀態爲導通，IC_{603}的⑨腳V_{DD}可以得到8.2V電壓，使集成塊工作。當SW_{28}按下後，高電平加入D_{629}



圖（11）

則Q_{601}基極回路無偏流，Q_{601}截止，IC_{603} ⑨腳V_{DD}得不到直流工作電壓，集成塊便復"0"。

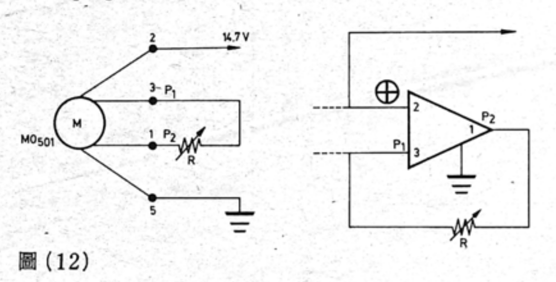
3. A、B卡式座馬達的控制

本機可分別放音（A卡或B卡）也可連續放音。故此當按下SW_8連續放音功能鍵時，A卡放音結束自停時，B卡繼續放音，B卡放音結束時，A卡又繼續放音，但不會出現兩卡同時放音。其工作原理是：當SW_8置"ON"時，A卡處於放音狀態。三極管Q_{511}導通其C極低電位，經二極管D_{518}箝位，Q_{512} b極亦爲低電位，所以即使B卡的放音鍵SW_{26}按下時，高電平也不會加入Q_{512} b極使它導通，這樣Q_{510}截止，B卡的馬達因得

不到直流電壓而停轉。到A卡放音結束放音鍵復位，Q_{511}截止，其集電極爲高電位。這樣Q_{512} b極經過SW_{26} B卡放音鍵觸點得高平而導通，Q_{510}亦導通，B卡馬達得電而運轉，反之B卡到A卡的工作原理與上同，這即完成了兩卡式座間的連續放音功能。

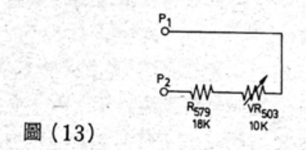
A、B兩卡式座間進行複錄時（即按下複錄鍵SW_7 DUBBING）A卡放音、B卡錄音分常速（N）和倍速（H）兩種錄音速度。

這種機芯的馬達有四個引出端子，以A卡的馬達M_{501}爲例，其中2、5兩引出腳是供給馬達的電源，現爲14.7V，而P_1、P_2兩個引出端則是馬達內穩速放大器的反饋端和輸出端（見圖(12)）。P_1P_2間電阻R的大小可以決定穩速放大器的反饋量，



圖(12)

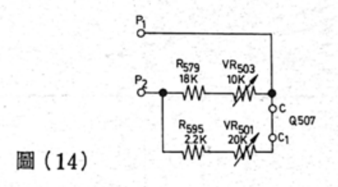
R值大，反饋量小，放大器增益高，馬達兩端電壓高，轉速就快。反之，R小，反饋量大，馬達轉速變慢。在GF-800中，當複錄開關SW_7置（H）倍速時，由於Q_{513}基極高電平而導通，其集電極便爲低電平。Q_{507}和Q_{508}三極管基極回路因得不到正向偏置而截止，馬達控制電路如圖(13)所示。若用MTT-111測試磁帶分別在A、B兩錄音座中進行放音，並人爲地將Q_{513}的集電極



圖(13)

（即印刷板TP_{501}處）對地短路，這時只要調整微調電位器VR_{503}（B卡調VR_{504}）使抖晃儀的帶速指示爲6000Hz ± 10Hz，即調好了倍速時的機芯馬達速度。

當複錄開關SW_7置常速（N）時，由於Q_{513}的基極得不到高電平而截止，從電原理圖中可以看到14V的電壓經二極管D_{506}、D_{508}注入三極管Q_{507}、Q_{508}的基極而使其導通。這時候馬達端子P_1、P_2間的反饋電阻如圖(14)所示。由於電阻並聯後反饋量



圖(14)

比倍速時大，所以放大器增益下降，馬達的轉速便變慢了。只要用上述的方法調整VR_{501}（B卡調VR_{502}）使抖晃儀的帶速指示爲3000Hz ± 10Hz，便可完成了馬達在常速時的速度。即要調整錄音機的帶速必須要先調整好倍速（H）才能確定常速（N）否則調出的速度不準確。

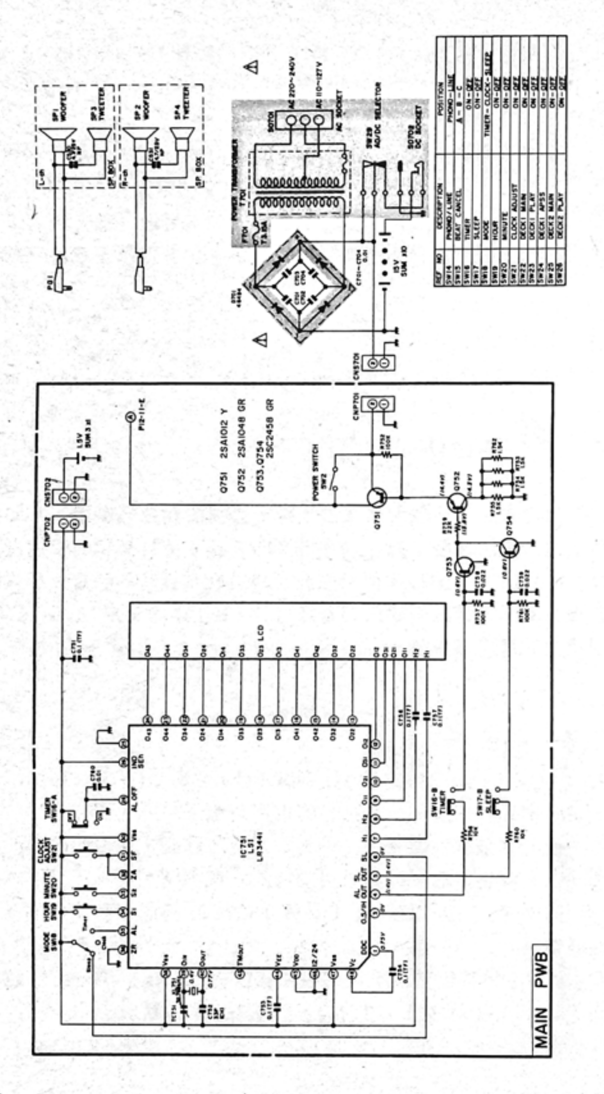
五、時鐘電路

IC_{751}（LR3441）爲數字鐘IC，它與LCD（液晶顯示屏）及外圍元件構成了一個完整的數字時鐘。

此數字鐘的功能有二，一是作爲計時鐘表，使得此機功能增加，二是利用這數字時鐘來自動控制本機的開、停。

圖中TC751、XL751（晶體）C752 構成了數字鐘的基準振盪電路。

SW_{18}爲功能轉換開關，以便使數字可工作在Sleep（睡眠）、Clock（時鐘）、Timer（計時）三種狀態。



SW_{19}、SW_{20}、SW_{21} 均爲數字鐘調整按鈕，SW_{16}A 則爲數字鐘“ON-OFF”開關。SW_{16}-B則有二個檔位，一個是Timer，一個用於控制狀態，SW_{17} 亦然。

Q_{751}、Q_{752}、Q_{754} 等構成定時開、定時關電路，定時開定時關主要取決於Q_{751} 的導通與截止。Q_{751} 導通時，電流有輸出，機工作，反之，機得不到電源，於是不工作，而Q_{751}的導通與截止又受控於LR3441（IC_{751}）④腳、⑤腳的輸出電壓（1.4V）。當按下定關鈕，預置好欲停時間，待所需的欲停時間結束時，⑤腳（IC_{751}）1.4V電壓消失，Q_{754} 截止，Q_{752}、Q_{751} 均截止，電源自動切斷，機得不到電源，從而完成定關功能。反之則爲定開工作狀態。

當不使用定時／睡眠功能時，Q_{751}始終處於截止狀態，只有接通電源開關 SW_2 ，整機方能通電，電源指示燈亮，關斷 SW_2，整機斷電。

六、噪音控制電路

收音板上的CNS401二芯插座和主通道板上的Q_{513}的b極和C極相連，當 SW_1 開關由FM轉到AM的瞬間，Q_{315} b極正向偏置而導通，Q_{301}、Q_{302} 瞬間截止，低放電路無輸出從而消除了由於波段開關轉換而帶來的噪聲。

EQ放大電路由於採用BA328及M51544L IC ，因而噪聲小，以BA328 爲例其輸入端噪聲電壓僅爲1.2μV，而M51544L更由於內含防止電源投入時的衝擊噪聲功能，而使得該機性能更爲優異。

功放IC的選取也極趨合理，這是因爲M51601L 內含電源接通和斷開時的靜噪電路及訊號靜噪電路，靜噪電路能夠通過濾波端子接地的動作，把訊號接通與關斷。

七、電源電路

電源與時鐘控制電路息息相關。故從略。整機電路原理圖見圖（15）。

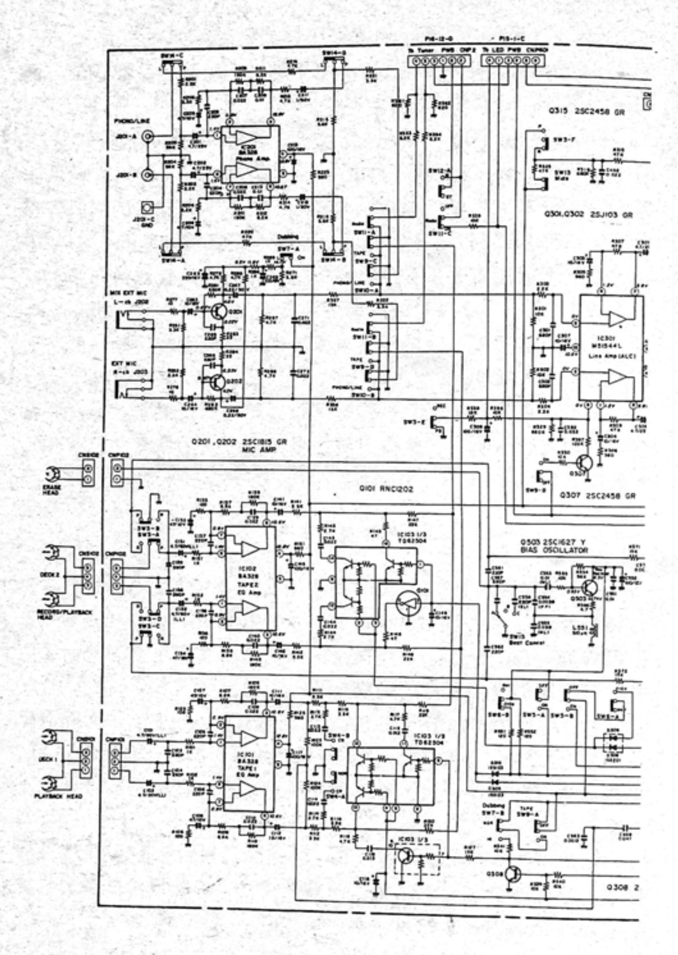
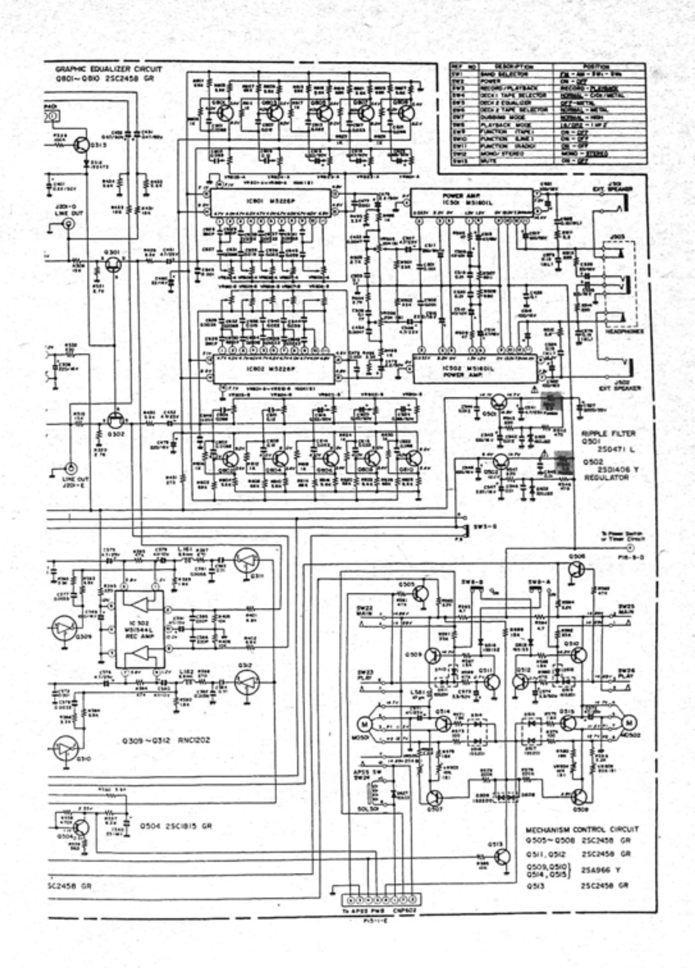

Q315 2SC2458 GR
Q301,Q302 2SJ103 GR
Q201, Q202 2SC1815 GR
MIC AMP
Q101 RNC1202
Q503 2SC1627 Y
BIAS OSCILLATOR
Q307 2SC2458 GR

圖 (15)


GRAPHIC EQUALIZER CIRCUIT
Q801~Q810 2SC2458 GR
RIPPLE FILTER
Q501 2SD471 L
Q502 2SD1406 Y
REGULATOR
Q309~Q312 RNC1202
Q504 2SC1815 GR
MECHANISM CONTROL CIRCUIT
Q505~Q508 2SC2458 GR
Q511, Q512 2SC2458 GR
Q509,Q510 Q514,Q515 2SA966 Y
Q513 2SC2458 GR

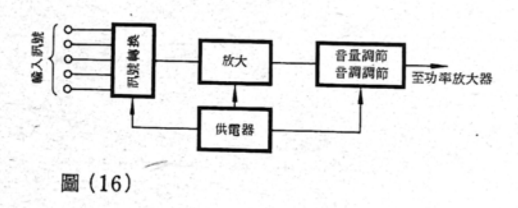
第二章：Hi-Fi新穎電路製作

第一節：前置放大器

1. 立體聲Hi-Fi多功能前置放大器

一部高質量的Hi-Fi，除了要有低失眞，寬頻帶的揚聲器系統和低失眞（特別是低瞬態失眞）的功率放大器外，還有低失眞、低噪聲的前置放大器。一般講來，信號源爲中等電平（100 mV 以上，如晶體拾聲器、調諧器輸出、錄音機綫路輸出等）的前置放大器，只需 10 倍左右的放大量即可，若有低電平信號源（如MC 唱頭輸出、低阻抗磁頭等），則必須有一級放大量足夠的（大於 60 分貝）低噪聲前置放大。

前置放大器一般包括：信號轉換、放大和頻率均衡等三種功能，方框圖如下：



圖（16）

這裏向各位介紹一種多功能前置放大器，這種放大器採用電子開關實現功能轉換。信號放大部份全部採用FET 輸入，並取較高的電源電壓（±35 V），以保證在大幅度輸出時有足夠小的

開環失眞。由於FET 的輸入動態範圍比晶體管高，所以對降低瞬態失眞十分有利，同時也有利於降低低頻失眞，整個電路共有二十一只集成電路，四十七只晶體管。

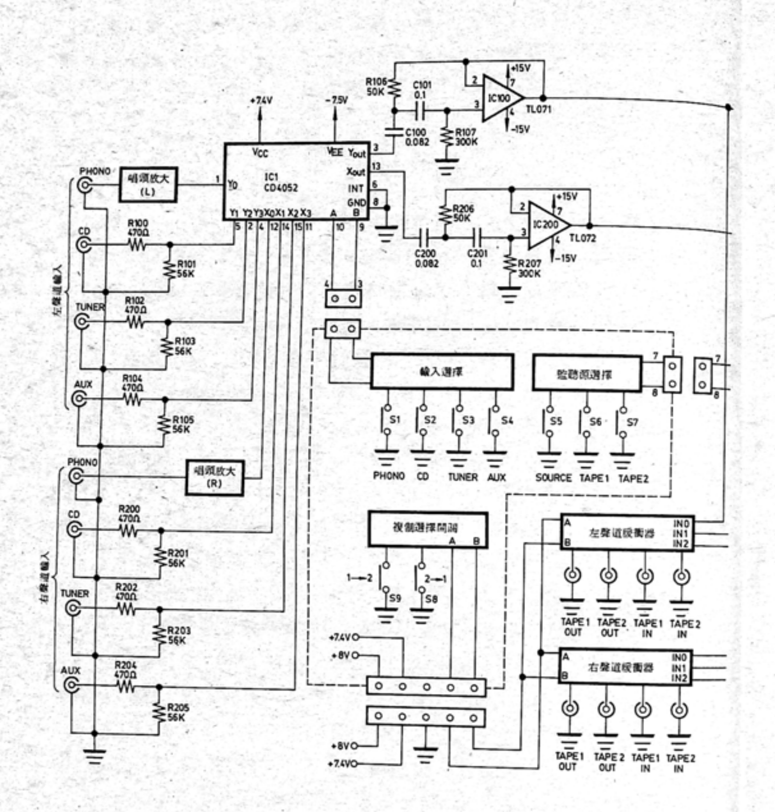
一、電子開關

電子開關是由集成電路 CD4052 和 CD4053 等組成。CD4052 是雙四選一模擬開關，而 CD4053 是三組二路模擬開關。它們都可以通過外部地址輸入，經電路內部的地址譯碼器譯碼後，接通與地址碼相對應的其中一個開關。其地址碼輸入端是第九和第十腳。現假定地址輸入爲“0,0”時接通唱機（PHONO）信號“0,1”時接通激光唱盤（CD）信號，“1,0”時接通調諧器信號（TUNER），“1,1”時接通AUX。現在我們來分析一下電子開關是如何給出地址碼輸出的。

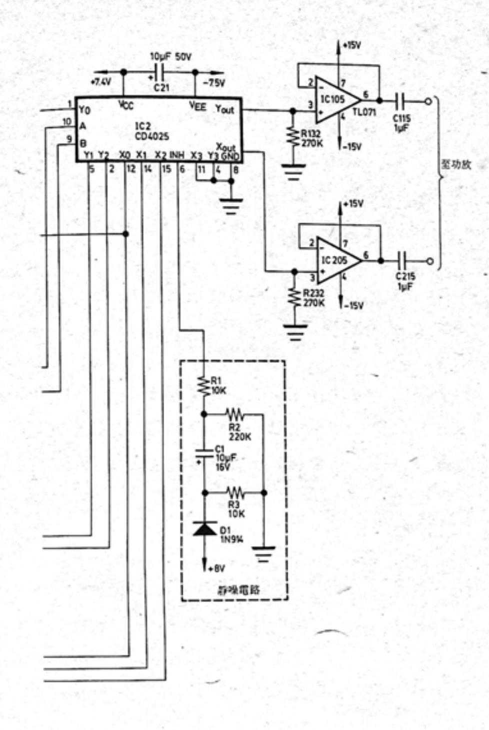
如圖（17），$IC_{11}-a$ 和 $IC_{11}-b$ 被接成RS觸發器，$IC_{11}-c$ 和 $IC_{11}-d$ 也一樣。假如按下 S_1，那麽 $IC_{11}-d$ 和 $IC_{11}-b$ 的其中一端被置低電平“0”，因此，其輸出端爲高電平，此高電平分別進入 $IC_{11}-a$ 和 $IC_{11}-c$，使其輸出端爲低電平，$IC_{11}-d$ 和 $IC_{11}-b$ 的高電平輸出同時被送到 $IC_{12}-a$，令其輸出端爲低電平，此時接在 $IC_{12}-a$ 第十腳的LED被點亮，指示接通唱機（PHONO）與此同時 $IC_{11}-a$ 和 $IC_{11}-c$ 的低電平被一同送往地址碼輸出端，這樣完成了一個選樣操作。同理，假如按下 S_2，則地址碼輸出端就有“0,1”輸出，按下 S_2，有“1,0”輸出，按下 S_4 有“1,1”輸出。

從整機方框圖可以看出，開關控制電路共輸出有三組地址碼控制模擬開關 CD4052，和CD4053，一組控制輸入選擇部份，一組控制監聽選擇部份，另一組控制複製選擇部份。

利用電子開關實現功能轉換的好處是顯而易見的，第一，它沒有機械磨損，可靠性高；第二，可減少大量的外接電纜；第三，接通迅速，無噪音，美觀大方。爲克服電子開關的失眞問題，本電路在每個開關的輸出端都加裝了一個低噪聲 FET 輸入的運



+7.4V
-7.5V
R106 50K
C101 0.1
IC100
TL071
+15V
-15V
C100 0.082
R107 300K
IC1 CD4052
Vcc
VEE
Yout
Xout
INT
GND
A
B
PHONO
唱頭放大 (L)
CD
R100 470Ω
R101 56K
TUNER
R102 470Ω
R103 56K
AUX
R104 470Ω
R105 56K
左聲道輸入
R206 50K
IC200
TL072
C200 0.082
C201 0.1
R207 300K
輸入選擇
監聽源選擇
S1
S2
S3
S4
S5
S6
S7
PHONO
CD
TUNER
AUX
SOURCE
TAPE1
TAPE2
PHONO
唱頭放大 (R)
CD
R200 470Ω
R201 56K
TUNER
R202 470Ω
R203 56K
AUX
R204 470Ω
R205 56K
右聲道輸入
複製選擇開關
1→2
2→1
S9
S8
+7.4V
+8V
左聲道緩衝器
IN0
IN1
IN2
TAPE1 OUT
TAPE2 OUT
TAPE1 IN
TAPE2 IN
右聲道緩衝器
IN0
IN1
IN2
TAPE1 OUT
TAPE 2 OUT
TAPE1 IN
TAPE2 IN
+8V
+7.4V



10μF 50V
+7.4V
-7.5V
C21
IC2
CD4025
Vcc
VEE
Yout
Xout
GND
INH
IC105
TL071
+15V
-15V
R132 270K
C115 1μF
至功放
IC205
R232 270K
C215 1μF
R1 10K
R2 220K
C1 10μF 16V
R3 10K
D1 1N914
+8V
靜噪電路

二、信號放大

信號放大電路包括：一級動磁唱頭放大，一個中間放大，因為考慮盡量降低失真，沒有設計音調，讀者可根據自己的興趣決定是否加上音調放大級。

此電路不管是唱頭放大和中間放大，其輸入級都採用FET管，唯一的目的就是降低噪聲和擴大動態範圍。圖(18)中，D_1、D_2的作用是：①分去大部份電壓，使D_3、D_4 工作於低電壓狀態，可以降低輸入級噪聲；②解決了FET 管擊穿電壓不高的矛盾；③由於FET工作於恒壓狀態，而D_1、D_2基本上工作於共基極方式，因而綫性有改善，D_5是恒流源電路供給 FET 差分對以恒定的電流，D_6、D_7組成第二級放大，D_9、D_{10}為互補射隨輸出電路，D_8為互補對的偏壓管。

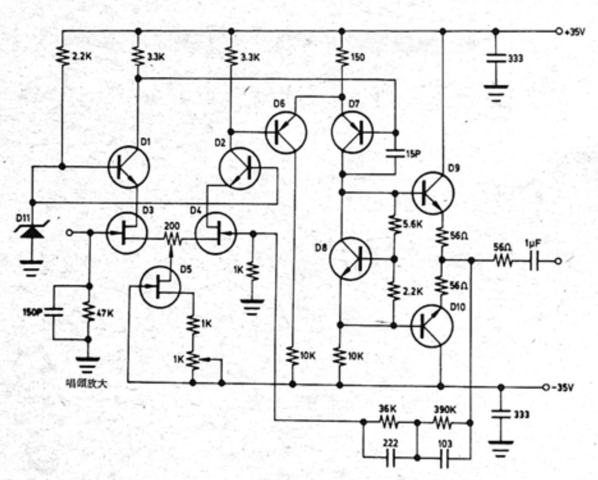


圖 (18)：唱頭放大電路。

三、電源

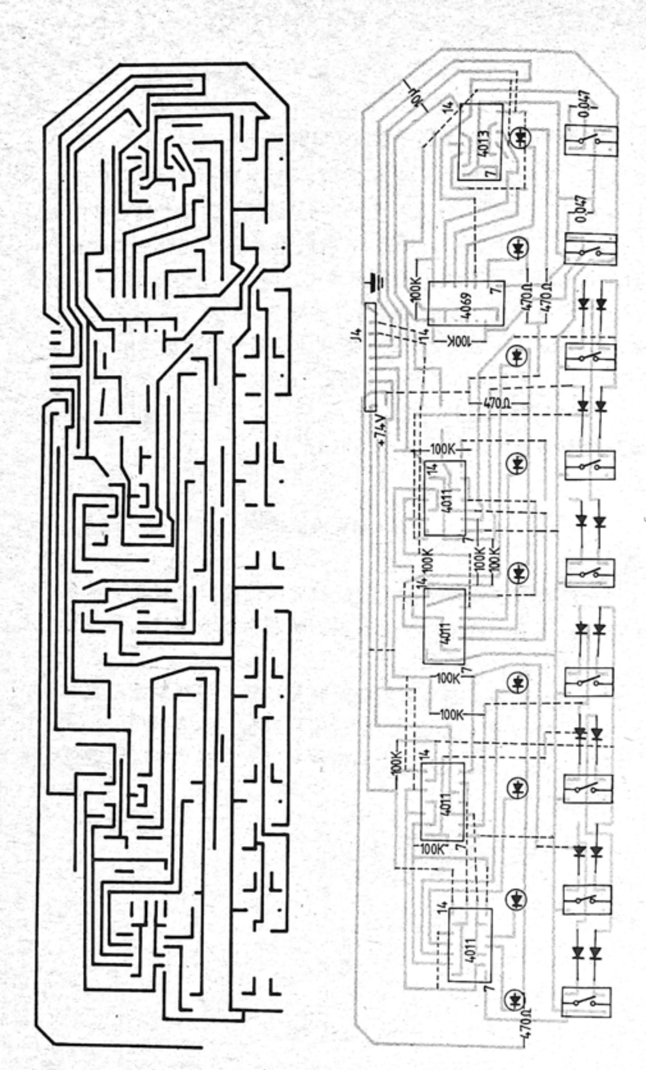
本機電源較為特別的是供電子開關使用的電源，共有 ±15V 輸出，＋8 V輸出，+7.4V輸出和 −7.5V輸出，± 15 V輸出由 IC_7 和 IC_9 提供，＋8 V和+7.4V電源由於要負擔更多的電流（因為LED指示要取正電源），所以採用一個7805三端穩壓器，IC_8 這個穩壓器的輸出端與接地端之間接有 220Ω電阻，（約有23 mA電流流過）該電阻連同從地端流出的電流，把約 3 V的電壓加到 130 Ω 電阻R_2之上，這樣使穩壓器的輸出電壓，由 5 V 升至 8 V。+7.4V電壓是二極管 IN914（D_6）降壓後提供的，−7.5V電壓由電阻R_4和R_3分給出，因為電子開關所用的Coms電路級取的電流總共只有約 100 μA。

四、裝配與調試

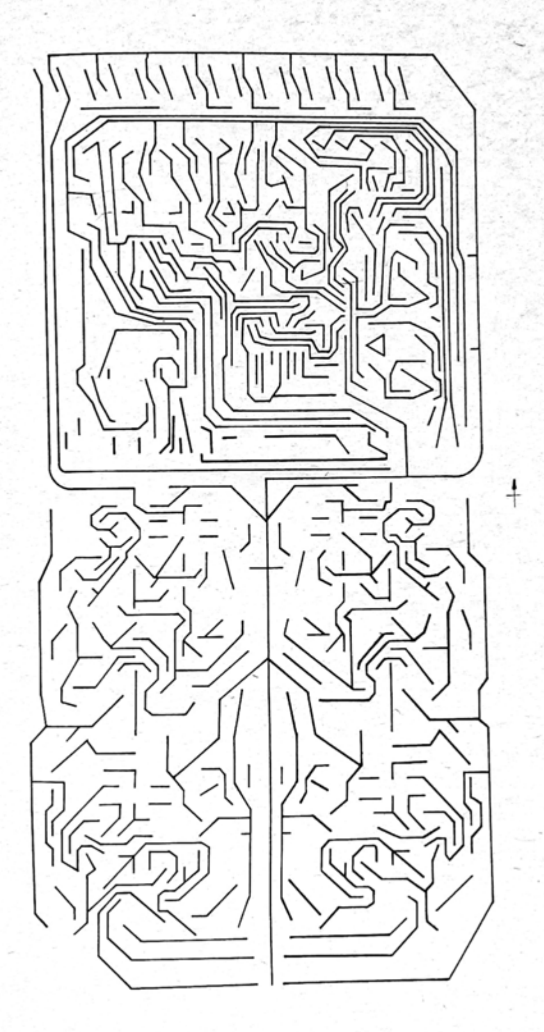
全機共有三塊電路板，即信號放大和模擬開關板；電源板和開關控制面板。如圖（19、20、21），開關板電源與控制和開關板之間可用多芯平扁電纜聯接。

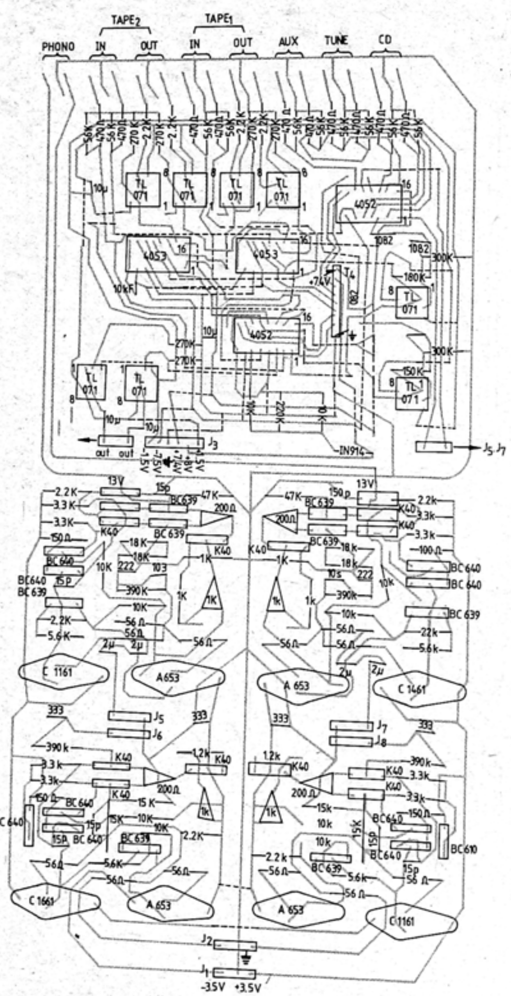
本機調試極為簡單，模擬開關及控制板只要裝配正確，可不需調試，信號放大部份只需調試兩只電阻，如圖(26)。

註：先將信號放大板中的所有可調電阻調到中間阻值位置。

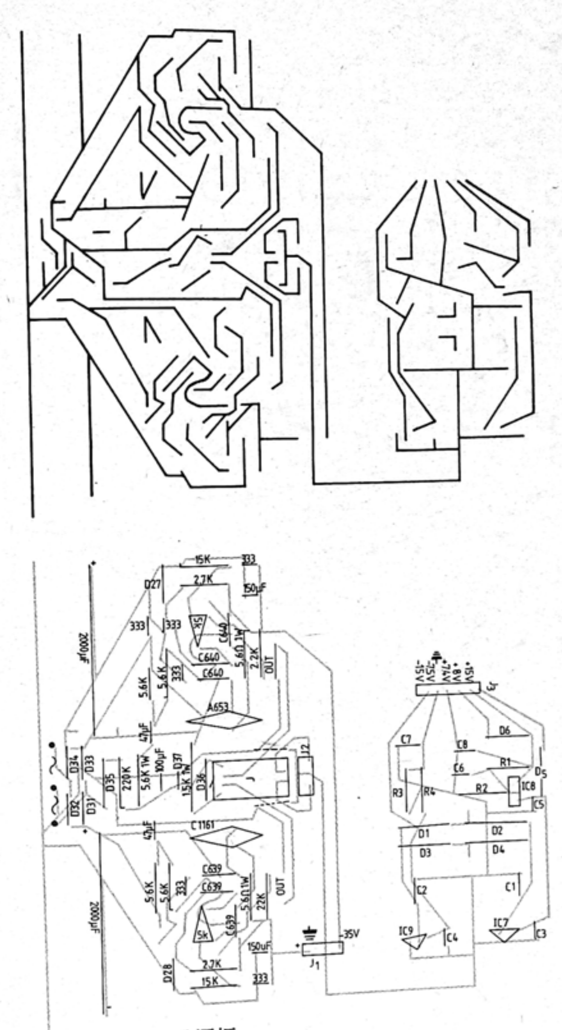


圖(19)：開關控制板。

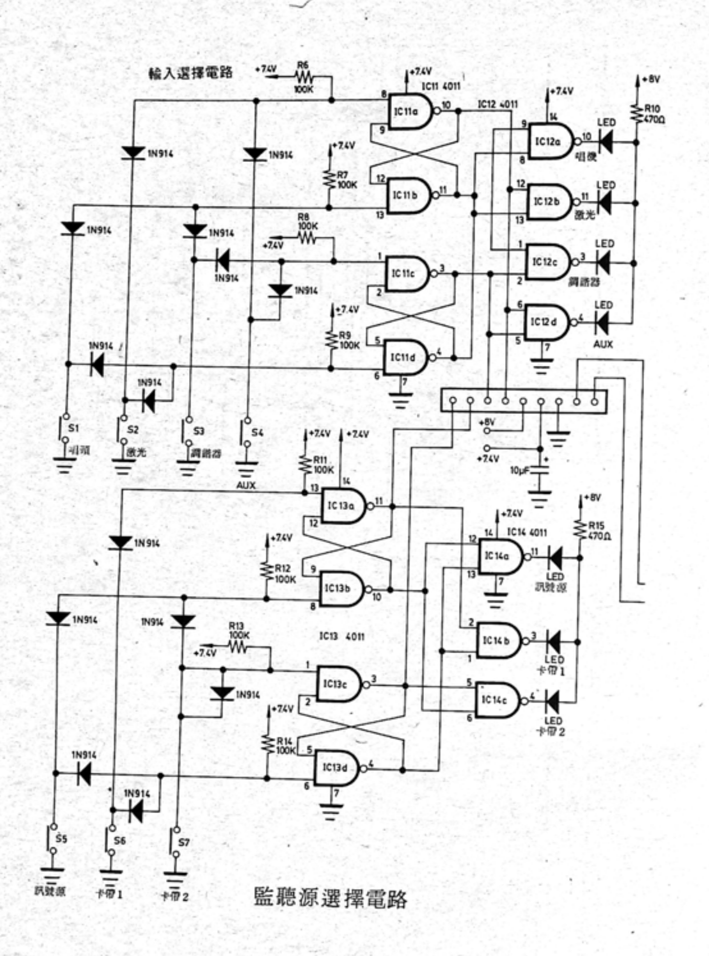




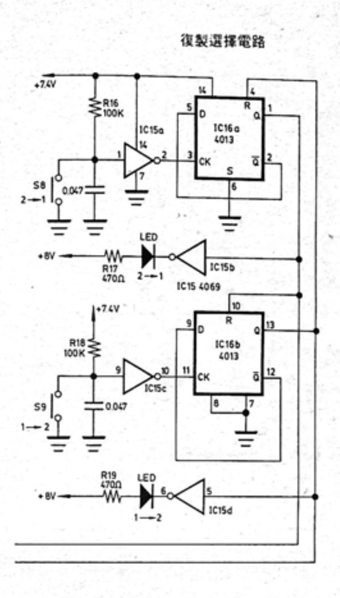
圖（20）：前置放大與開關板。



圖（21）：電源板。



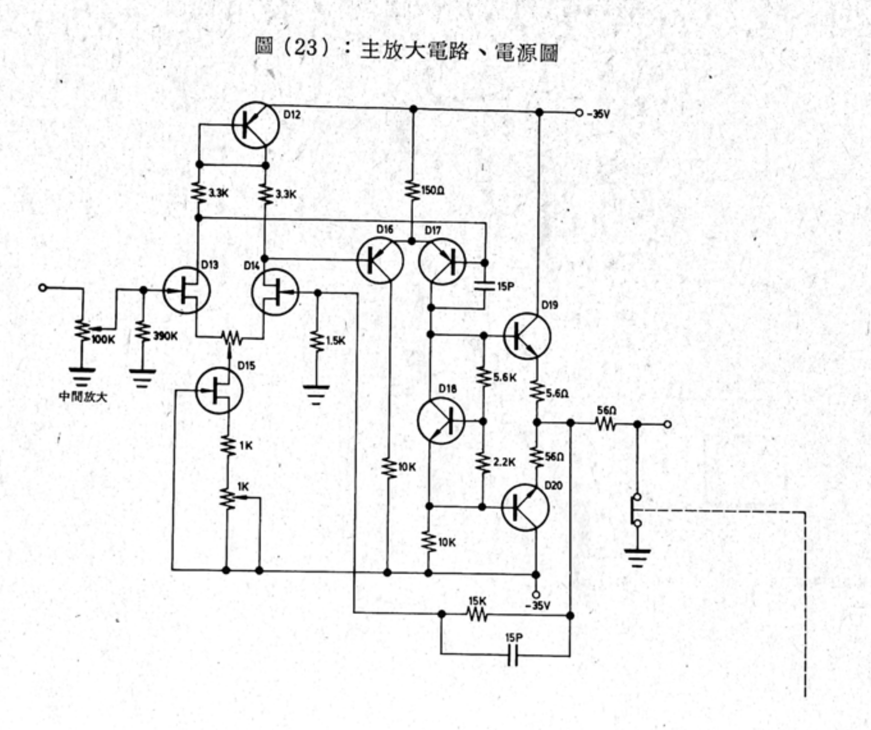
輸入選擇電路
IC11 4011
IC12 4011
IC11a
IC11b
IC11c
IC11d
IC12a
IC12b
IC12c
IC12d
R6 100K
R7 100K
R8 100K
R9 100K
R10 470Ω
1N914
LED
唱機
激光
調諧器
AUX
S1
S2
S3
S4
+7.4V
+8V
10µF
IC13 4011
IC14 4011
IC13a
IC13b
IC13c
IC13d
IC14a
IC14b
IC14c
R11 100K
R12 100K
R13 100K
R14 100K
R15 470Ω
訊號源
卡帶1
卡帶2
S5
S6
S7
監聽源選擇電路

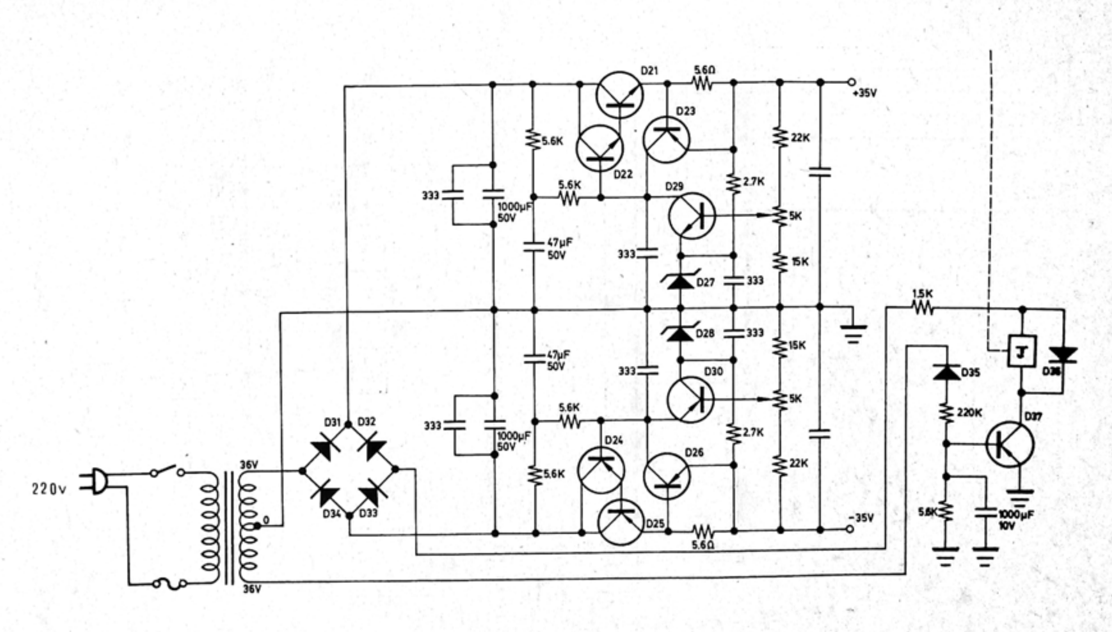


復製選擇電路
+7.4V
R16 100K
IC15a
IC16a 4013
S8
2→1
0.047
+8V
R17 470Ω
LED
IC15b
IC15 4069
R18 100K
IC15c
IC16b 4013
S9
1→2
R19 470Ω
IC15d

圖（22）：開關控制電路圖

圖（23）：主放大電路、電源圖





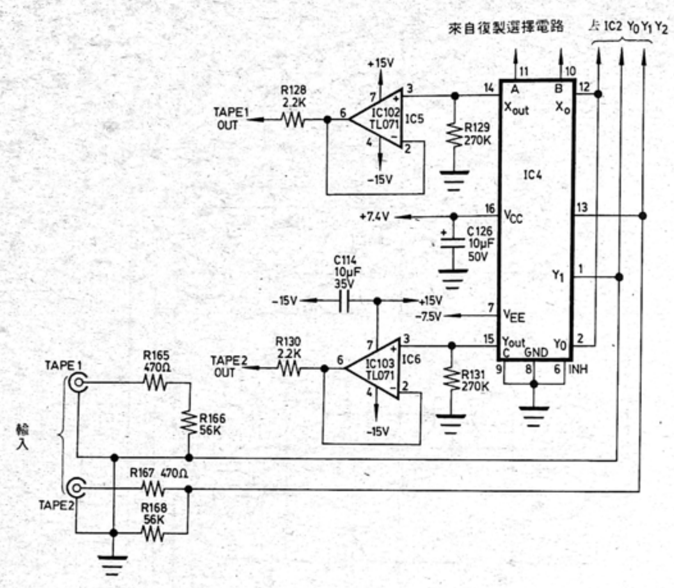


圖 (24)：CD 4053 與緩衝器接線圖。

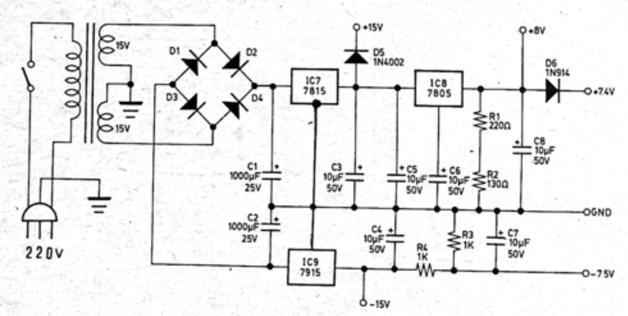


圖 (25)：電子開關用電源圖。

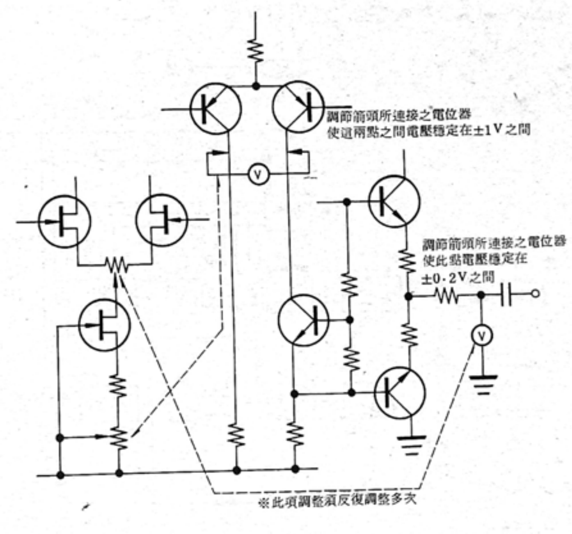
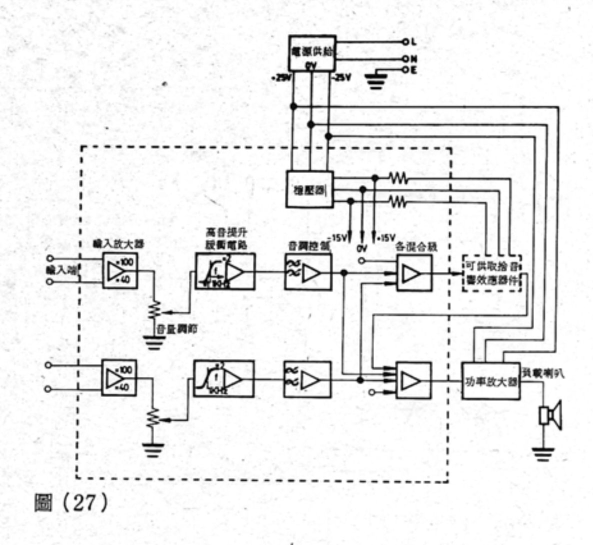


圖 (26)

2. 可加入特殊音响效應的前置放大器

此前置原理電路方框圖見圖(27)。此前置可稱爲多音響效應的混合級。適用於主音結他，低音結他和鍵控式樂器，而由於設計合理的後級的音響效應器件可依要求取捨，給使用帶來了方便。

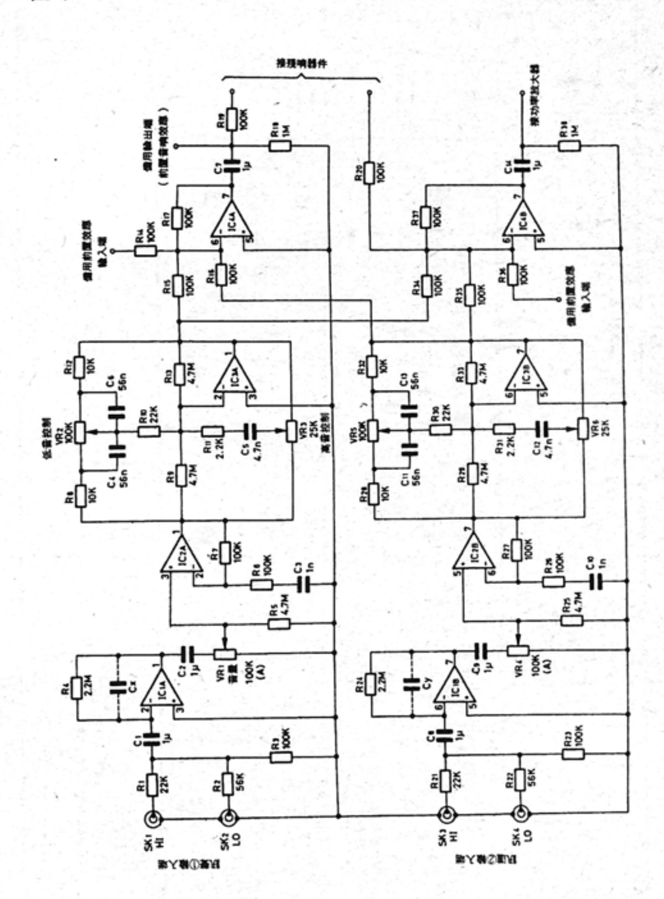


圖(27)

圖(28)爲前置放大級工作原理圖，圖(29)則爲其印刷電路板圖及元件排佈圖。

圖(28)中可見電路設計爲雙聲道，每聲道均具有高和低電平輸入端，音量控制，高低音控制，兩個聲道均同時饋電兩組混合級，此兩組混合級其中一組將用作饋電外接或內設的殘響或類似效應器件，而另一組則用以推動功率放大器，並設有一個輸入端，以便能輸入由可供取捨的內設或外接音響效應器件饋返的訊號。圖中 IC_{1A}、IC_{1B} 爲輸入放大級，IC_{2A}、IC_{2B}爲高音提升網絡，IC_{3A}、IC_{3B} 組成音調控制級，IC_{4A}、IC_{4B}爲混合級。前

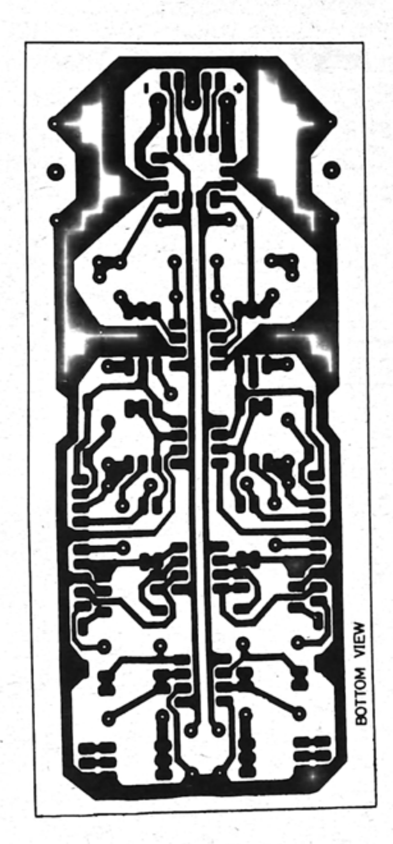
圖(28)



Cx 和 Cy 均是可供取捨 10p 電容器，除非出現高頻噪音干擾時，否則無需接上。

IC_{1-4} = TL 072 or NE 5532
IC_5 = 7815
IC_6 = 7915

圖(29)

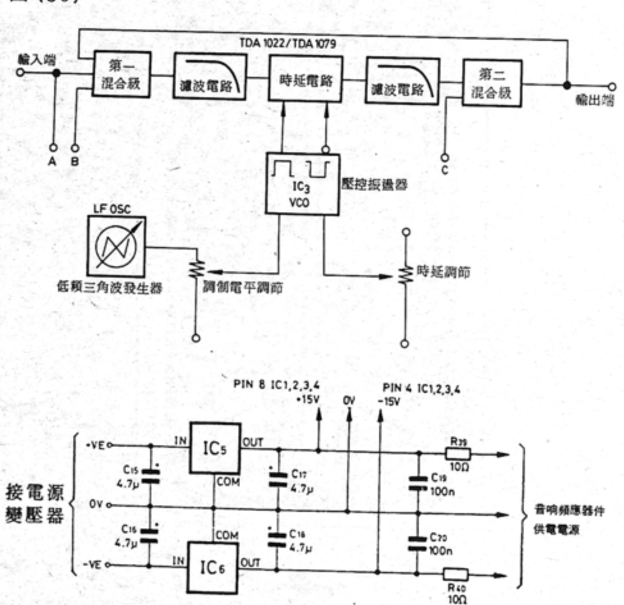


置放大器的輸入靈敏度在高電平輸入端時是 10mV，而在依電平輸入時爲 4 mV 。

音響效應電路原理框圖見圖(30)。圖(31)則爲其電路圖，如有其它要求可依圖(32)的原理框圖設計。圖(33)給出了音響效應電路的印刷電路板圖及元件排佈圖。

由前置放大級饋送來的訊號加到 IC_{2A} 上，IC_2 的功能是混合電路，即把輸入訊號與一定比例的輸出訊號組合，合成的訊號經過低通濾波器，其作用是消除在延遲器件中產生混淆效應。爾後訊號饋入BBD延時器件，訊號自BBD延時器件輸出後，再經過一個低通濾波器，以便把絕大部份由開關作用產生的噪音濾去，以免對後級造成干擾，IC_3 組成時鐘電路供BBD 器件使用，本電路可以提供一個良好混響延時效果。

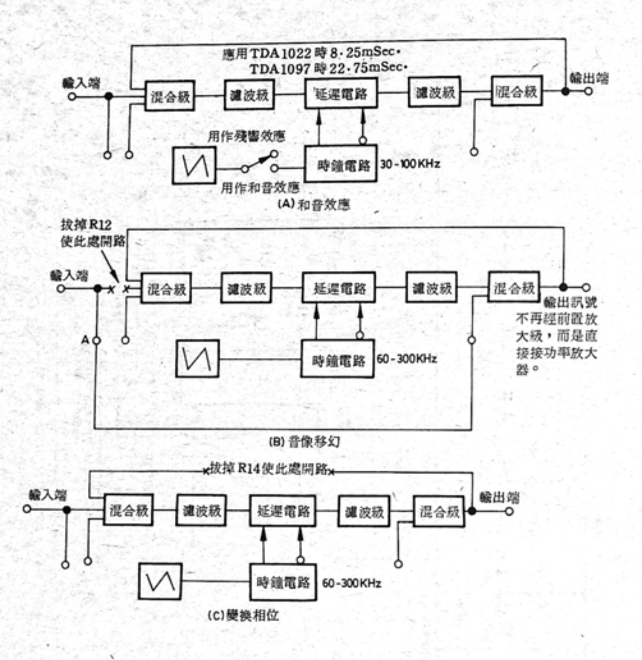
圖 (30)



IC_1 = TL072 or TL082
IC_2 = TL074
IC_3 = 4011
$IC_{4,5,6}$ = TDA1097 (or 1022)
TR_1 = BC212L
D_{1-4} = 1N4148

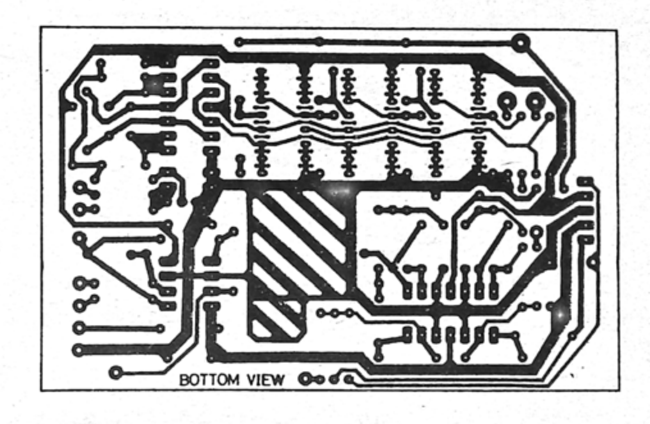
1 x 1022 = 68K
2 x 1022 = 47K
3 x 1022 = 33K

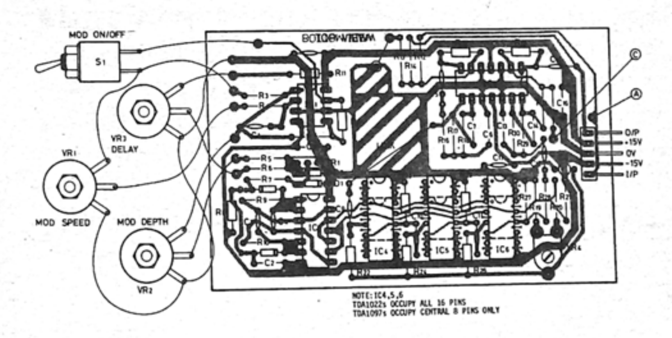
圖 (31)



圖(32)

如想附加一些和音，固定相位，聲象移位效應，本電路的電路板上亦已設計了一個低頻三角波發生器電路，調節時鐘發生器的頻率，以變化延時時間，電路的這些功能，再加上附加的混合級輸入端，將能產生非常有趣和新奇的音響效應。圖(34)爲電路設計框圖。文中所述BBD器件可採用TDA1097、MN3007、MN3008等器件。

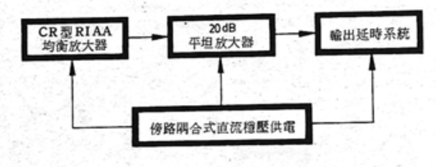




圖(33)

3.　全FET前置放大器

圖(35)爲本前置放大器原理框圖。圖(36)則爲整機電路圖，圖中可見此前置全FET化，並採用了“鏡像”對稱式電路，每一聲道均由三組結構相同的“鏡像”對稱放大器構成，每組共用三對Teledyne的P-CH和N-CH FET（2N3268及2N3269），整個電路共用18對管。此對FET耐壓爲40V，I_{DDS}爲2－5mA，加上NF（噪聲系數）只有2.5dB，故十分適合作前置放大器。



圖(35)

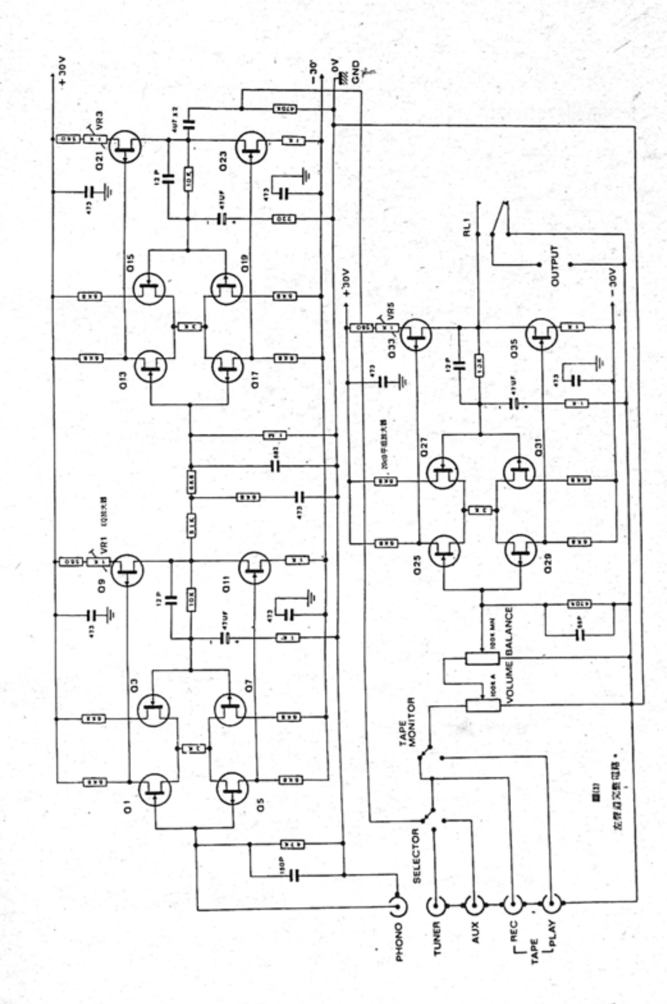
整機由EQ放大器（RIAA EQ AMP）、20dB平坦放大器（20dB FLAT AMP）、電源供給及延時電路組成。詳見電路圖。

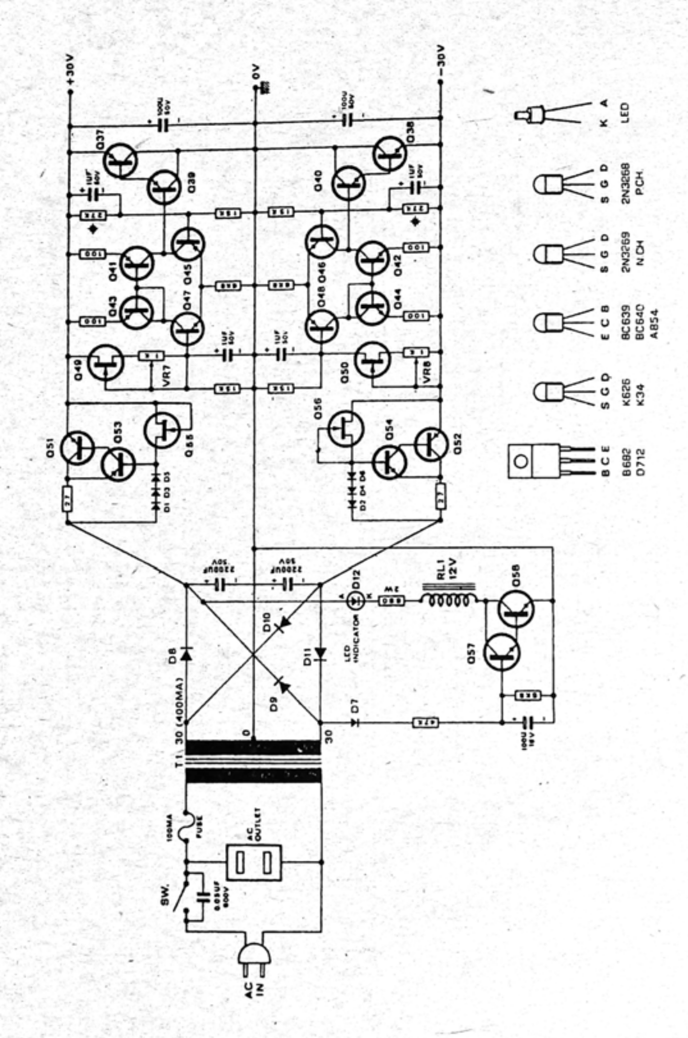
圖(37)爲電源電路圖。

安裝檢查無誤時，可通電檢查，由於延時繼電器約在2－3秒之間接合，LED亮。然後用萬用表DC 50V檔，測量穩壓電源部份輸出端測試點上，調校VR7、VR8，使輸出電壓爲±30V。

用萬用表DC 1V檔，量度RIAA放大部份輸出測試點，調整VR1至輸出電位在±0.1V以下即可，隨後依此方法，順序地測試和調校其它各組之可變電阻，至輸出的電位同樣在±0.1V以下。

圖(36)

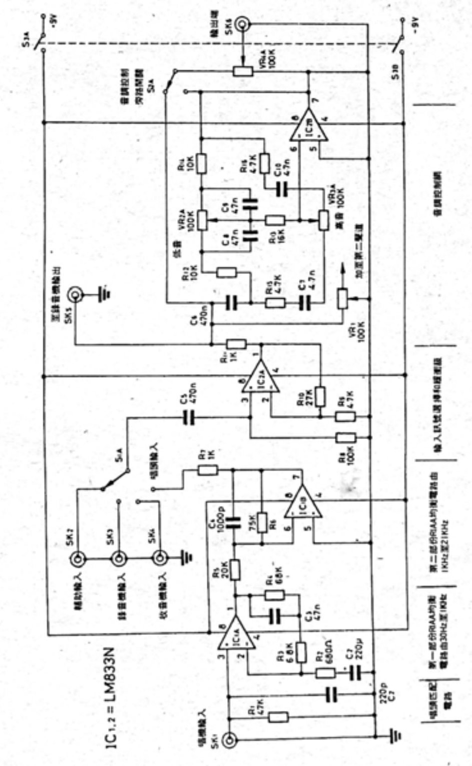




圖(37)

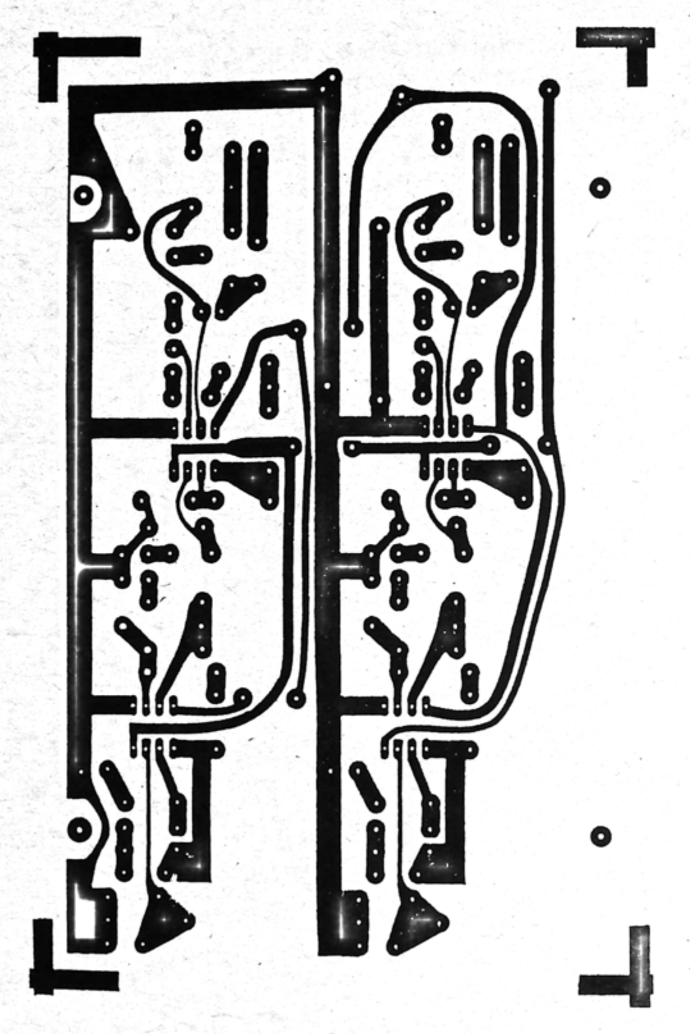
4. 立體聲Hi-Fi前置放大器

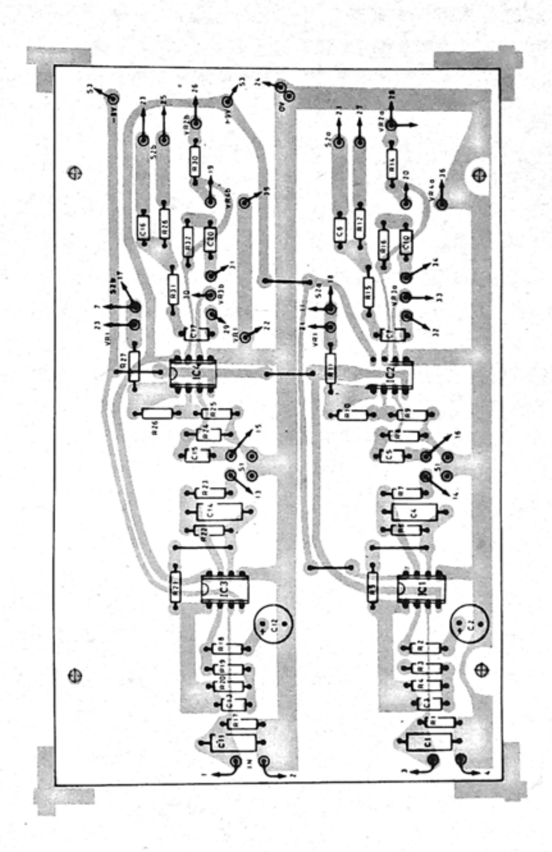
圖(38)爲本裝置電路原理圖，圖中只給出一個通道，而另一通道與此同，圖中設計了多種輸入方式，唱機輸入端，設計了兩個具有RIAA網絡的均衡放大級。IC_2 等構成輸入選擇及緩衝級，IC_2 等則構成音調控制回路，整個電路設計合理且簡單，效果亦佳。



圖(38)

圖(39)給出了該前置放大器印刷電路板圖及元件排佈圖。





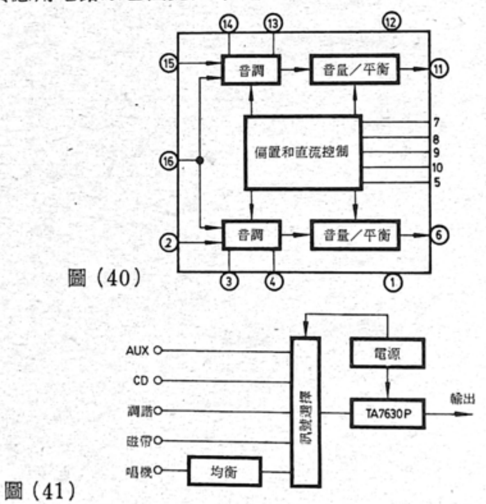
圖(39)

5. 用TA7630P的前置放大器

TA7630P是日本東芝公司出品的音量、音調和平衡控制集成電路，它採用雙列直插16腳封裝，電路內部藏有DC控制電壓電路，以控制兩路通道的音量、音調及平衡，而外圍電路只需用單聯電位器，便可控制兩個音道。TA7630P的工作電源爲±4V～±7V，可單電源應用，也可雙電源應用。見圖（40）。

TA7630P的②、⑮腳爲信號輸入端，⑯腳爲公共接地端，④、⑬腳分別爲通道1、通道2的低頻諧振端；③、⑭分別爲通道1、通道2的高頻諧振端，它們決定着頻率的控制範圍。①、⑫腳爲電路所需的正負電源端，⑤腳爲基準電壓控制端，⑦、⑧、⑨、⑩腳分別是平衡、音量、低音和高音控制端。⑪、⑥腳爲兩路輸出端。

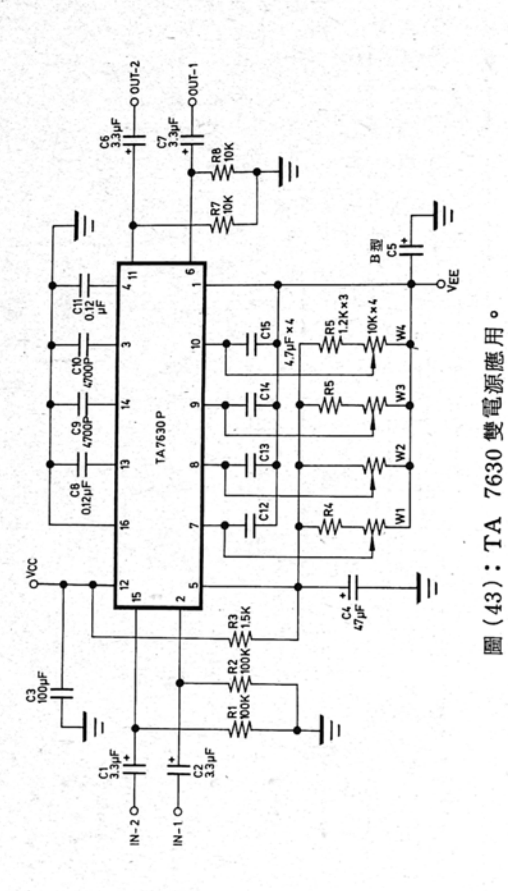
TA7630P的最大特點是：①音量控制範圍大（80dB 校準值）；②漂漂低；③音調控制範圍大，低音±10dB，高音±12dB。其應用電路原理圖見圖（41）至圖（44）。



圖（40）

圖（41）

圖（42）：TA 7630 單電源應用。

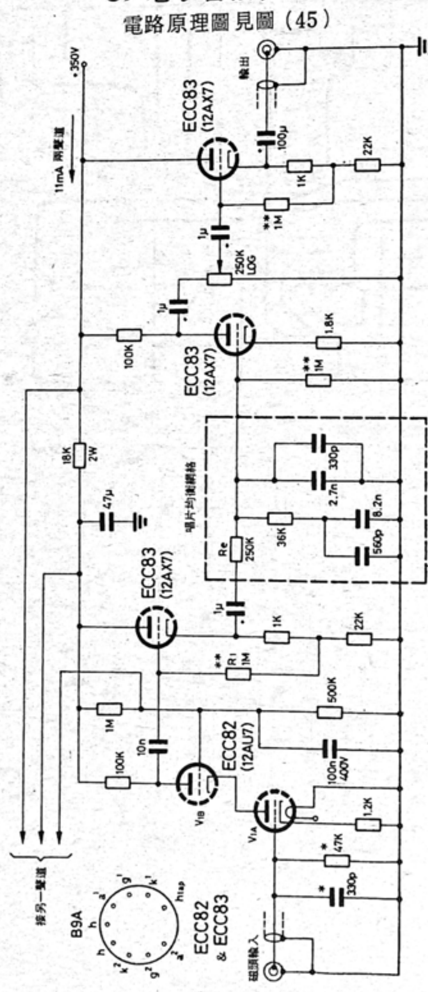


圖(43)：TA 7630 雙電源應用。

圖(44)

6. 電子管前置放大器

電路原理圖見圖（45）



圖（45）

註：全部電阻除註明用½W外全屬氧化電阻，誤差2%。

＊調節至與磁頭匹配數值。

＊＊¼W全屬氧化電阻，誤差1%。

第二節：音調控制器

音調控制器

音調控制器的種類甚多，但歸納起來，無非是五種基本類型，五種類型的存在表明了其各自的特點及應用範圍，這五種基本類型是(1)常規型音調控制器（Conventional Tone Control）；(2)架格型音調控制器（Shelf-Type Tone Control）；(3)斜率型音調控制器（Slope-Type Tone Control）；(4)圖示均衡器型音調控制器（Graphic Equaliser-Type Control）；(5)參數均衡器型音調控制器（Parametric Equaliser-Type Tone Control）。

隨着電子工業的發展，音調控制器所採用的元器已從分立元件 IC，以至模塊。電路上也已從單純的音頻提升與衰減發展到現在的頻譜顯示等等。以下將分二個部份分別敍述常規音調控制及圖示均衡型音調控制器。

一、音調控制電路

1. 新穎的音色控制器

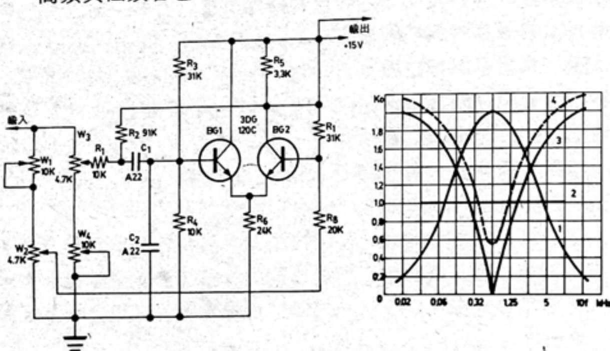
如圖(46)。BG_1、BG_2 構成有源濾波器，它包含正、負反饋，由 R_1、R_4、C_1、C_2 確定濾波器的中心頻率，以正反饋深度確定通頻帶，以負反饋深度確定傳輸系數。

在濾波器的諧振頻率上，放大器輸入端的各信號同相，且在振幅相等時相互補償，此時輸出電壓基本上降低爲零，高於和低於濾波器諧振頻率的信號不能互相補償，有信號輸出。

另此音色控制器的主要優點是音色調節過程中不改變音量總電平。

主要技術特性

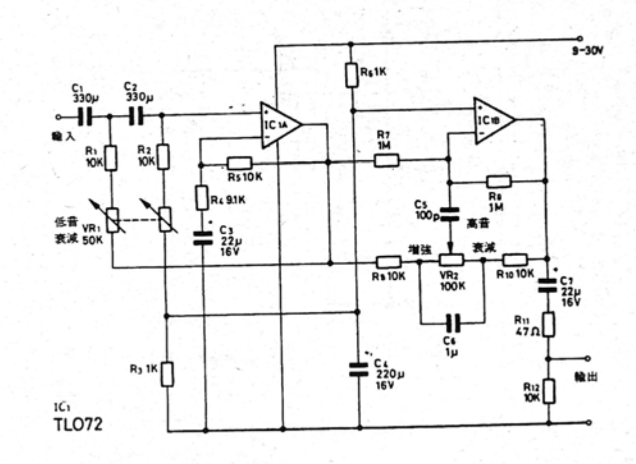
額定頻段：20～20000Hz
有源濾波器的調諧頻率：630Hz
諧波系數：0.1%
均勻幅頻特性的傳輸系數：0.7
高頻與低頻音色調節深度：26dB



圖（46）

2. 音調控制器

圖(47)爲一理想的音調控制電路。該綫路分爲二級，第一級爲低音衰減（12dB／倍頻程），50K同軸綫性電位器用來調整交叉頻率，範圍由80Hz－500Hz。第二級可給予高音±13dB（在6KHz）的增強或衰減，而100K綫性電位器是用來調校頻率的。C_1、C_2的值對頻率有很大影響。

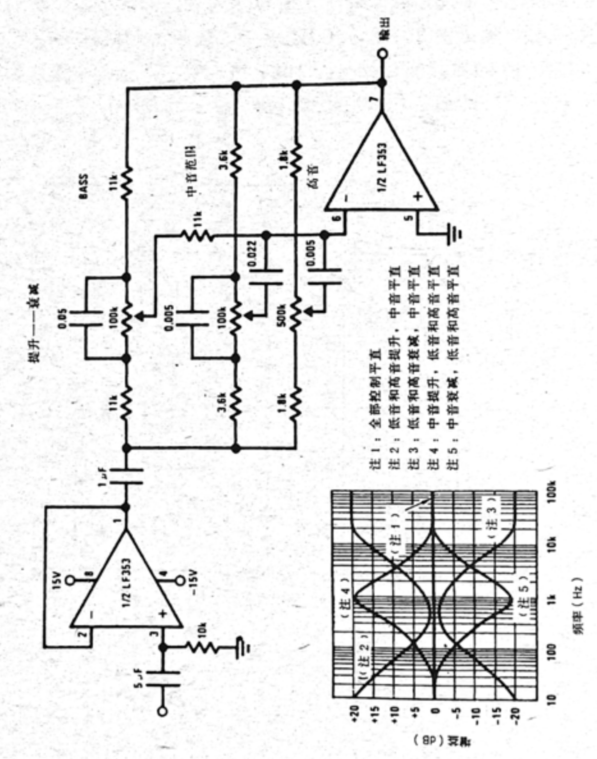


圖（47）

3. 三段音調控制電路

電路原理圖見圖(48)。

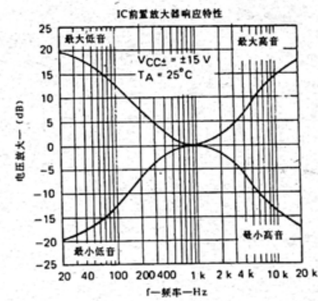
IC_1為同相放大級，增益為1，用於隔離後級即避免負載的影響。IC_1的輸出經3個頻率整形網絡送至IC_2。由RV_1、RV_2、RV_3等構成的三個網絡包括在IC_2的反饋電路中IC_2構成一個反相放大級，與RV_1、RV_2、RV_3配接零件值的選用應對應所需的頻率。

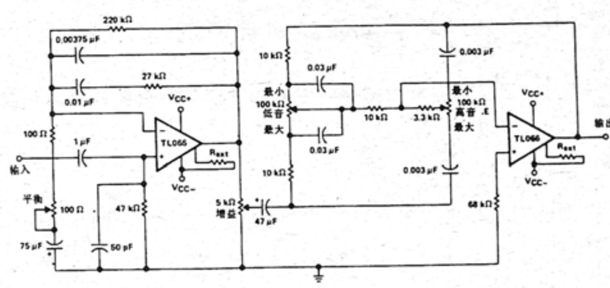


圖(48)

4. 附音調控制的前置放大器

電路原理圖 見圖(49)。

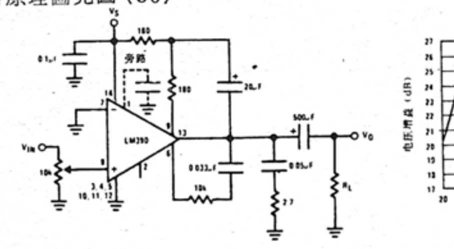




圖(49)

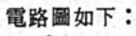
5. 低音提升放大器

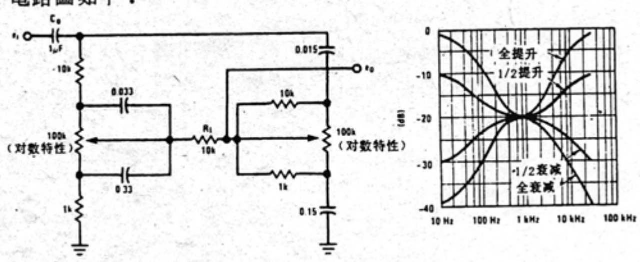
電路原理圖見圖(50)。



圖(50)

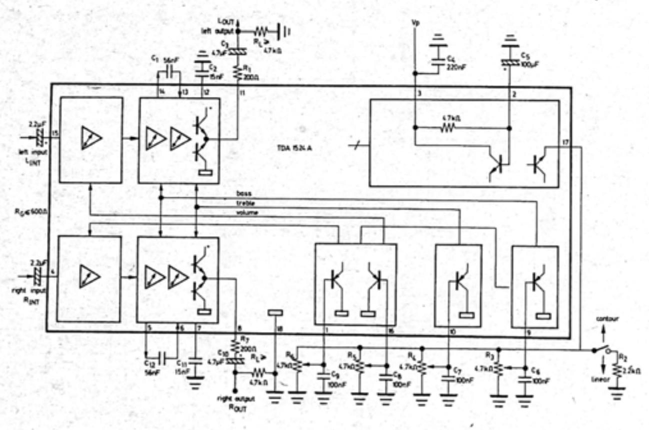
6. 無源低音、高音控制器


電路圖如下：

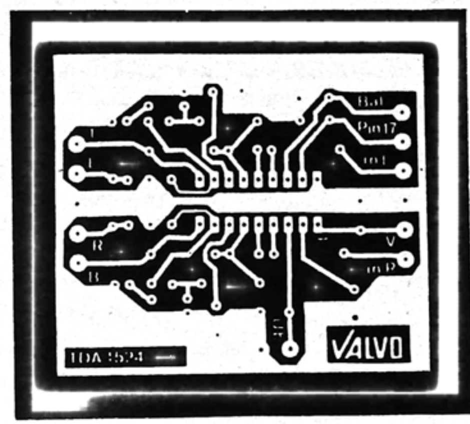


7. 用TDA1524A的立體聲音調控制電路

圖(51)爲音調控制電路電路原理圖。圖(52)爲印刷電路板圖。



圖（51）

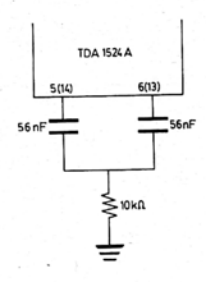


圖（52）

注：

1 ）當負載的電容超過 200PF 時，輸出端必須串接一只 200Ω 電阻（ R_1、R_7 ）。

2 ）若要增加低音提升量時，可將圖(53)的第 5(14) 端和第 6 (13) 端之間的電容改爲雙極點的低通濾波器，如下圖所示。



圖（53）

3 ）若要減少低音的提升量時，可在圖(54)的 C_1（C_{12}）電容上並連一只電阻與電容的串聯網絡，電容的作用在於避免直流通路，電阻值越小，提升量越低。

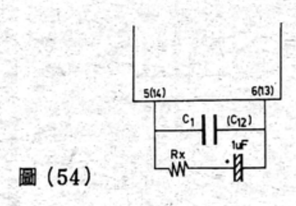


圖 (54)

4 ）若要減少高音的提升量時，可在圖(55)的 C_2（C_{11}）中串接一只電阻，電阻值越大，提升量越低。

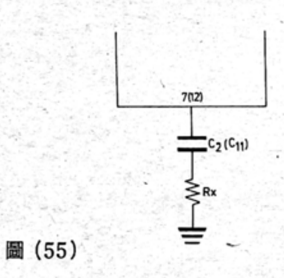


圖 (55)

5 ）加接直流負反饋網絡，可以增加對信號的處理能力。如圖(56)。

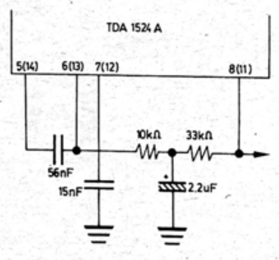


圖 (56)

6 ）將音量控制放在音調電路的前面，是爲了提高整個電路對輸入信號的處理能力。此外，由於音量控制級具有 ±21.5 dB 的增益，這樣就使得音調電路的噪聲對信噪比的影響較小，有利於信噪比的提高。見下面的特性。

7 ）當從第 17 端流出的電流爲 1.5 mA時，響度控制關閉。

TDA 1524 A 主要技術特性見下：

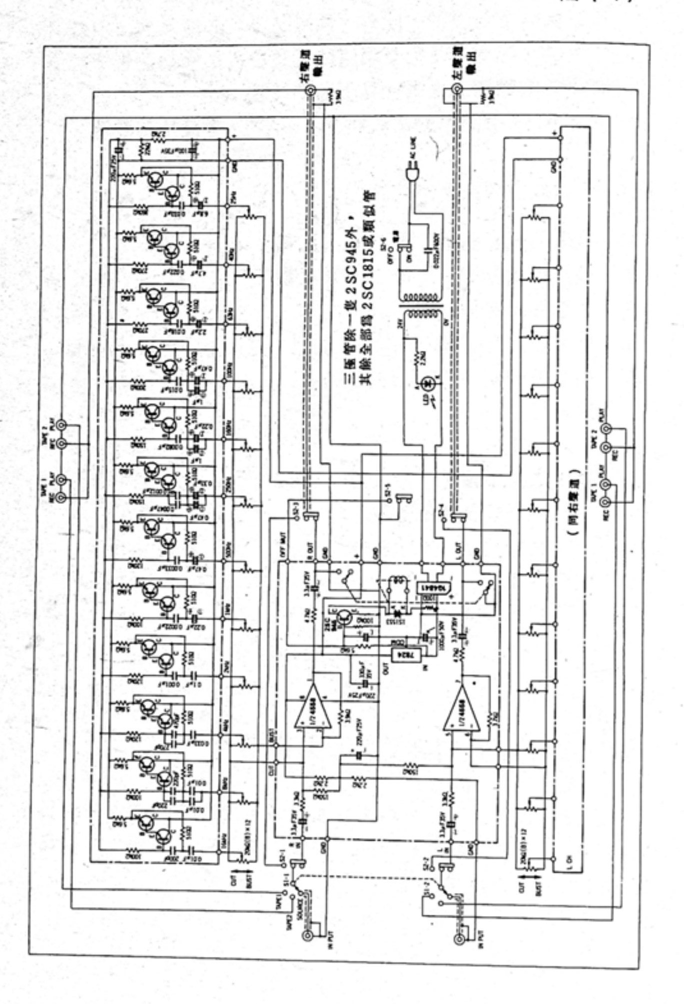
項目	數值
1 ）輸入信號max.（帶D.C負反饋）	2.5V
2 ）輸出信號max.（帶D.C負反饋）	3V
3 ）音量控制範圍	−80dB～+21.5dB
4 ）低音控制量（ 40Hz ）	±15dB
5 ）高音控制量（ 16KHz ）	±15dB
6 ）隔離度	60 dB
7 ）二路平衡差	＜ 2.5dB
8 ）輸出噪聲電壓（ f = 20Hz～20KHz，V_P=12V）	
最大音量控制位置	310 μV
音量控制 −40 dB	100 μV
9 ）工作電壓	7.5～16.5V

二、均衡器

1. 12段圖形均衡器

圖(57)爲 12 段圖形均衡器電路圖，此綫路的最大特點爲全部採用分立元件，給製作帶來了方便。圖(58)爲印刷電路板圖。圖(59)則爲安裝圖。

圖 (57)



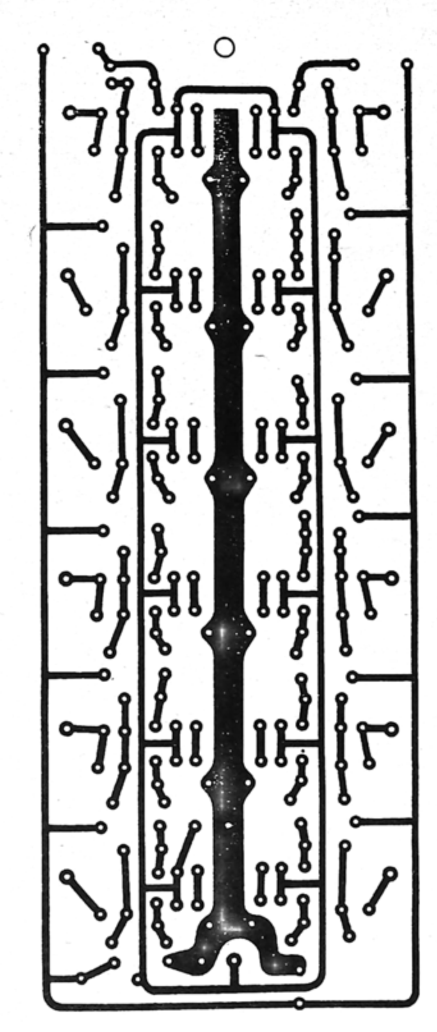


圖 (58)

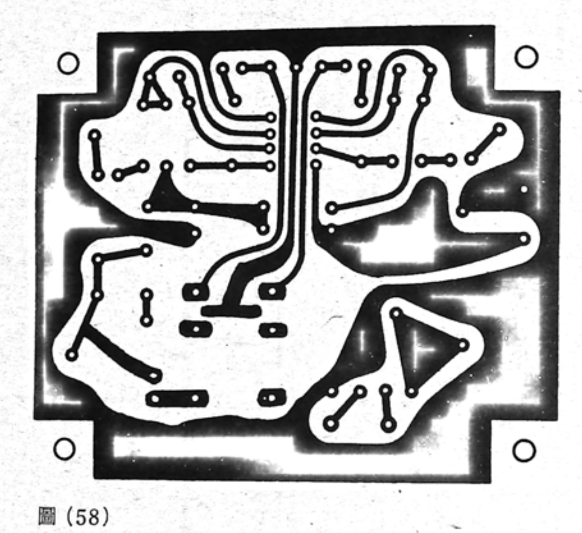


圖 (58)

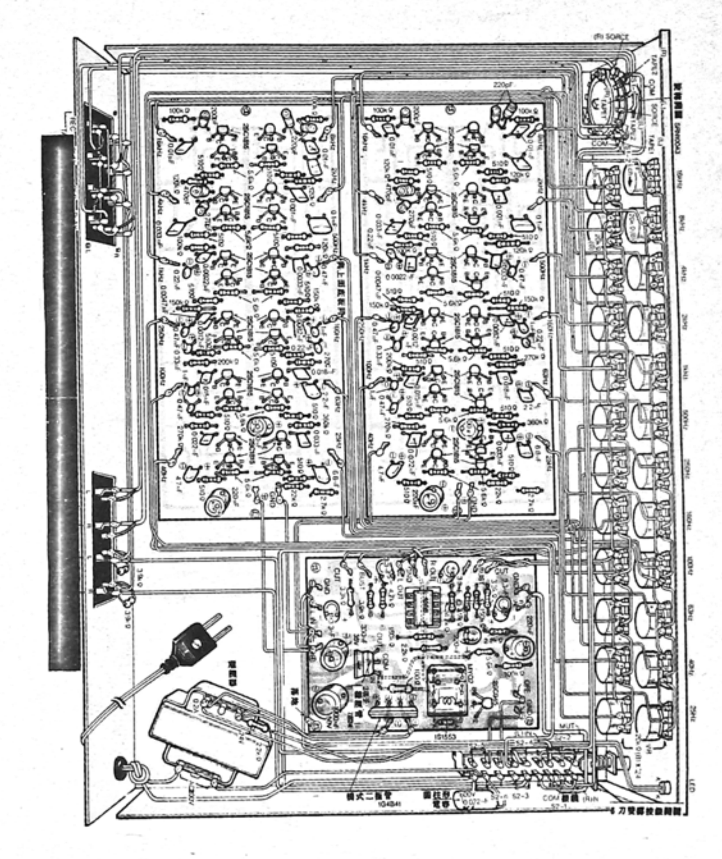


圖 (59)

2. 均衡器

電路原理圖見圖 (60)，不同的分頻點可依表查後組裝。

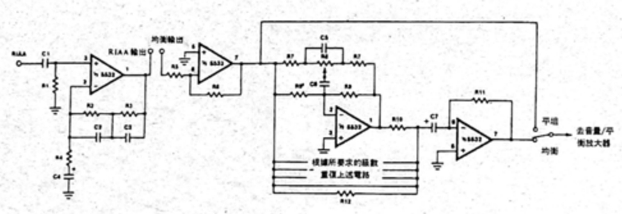


圖 (60)

元件值表

R8 = 25k R7 = 2.4k R9 = 240k			R8 = 50k R7 = 5.1k R9 = 510k			R8 = 100k R7 = 10k R9 = 1meg		
fo	C5	C6	fo	C5	C6	fo	C5	C6
23 Hz	1μF	.1μF	25 Hz	.47μF	.047μF	12 Hz	.47μF	.047μF
50 Hz	.47μF	.047μF	36 Hz	.33μF	.033μF	18 Hz	.33μF	.033μF
72 Hz	.33μF	.033μF	54 Hz	.22μF	.022μF	27 Hz	.22μF	.022μF
108 Hz	.22μF	.022μF	79 Hz	.15μF	.015μF	39 Hz	.15μF	.015μF
158 Hz	.15μF	.015μF	119 Hz	.1μF	.01μF	59 Hz	.1μF	.01μF
238 Hz	.1μF	.01μF	145 Hz	.082μF	.0082μF	72 Hz	.082μF	.0082μF
290 Hz	.082μF	.0082μF	175 Hz	.068μF	.0068μF	87 Hz	.068μF	.0068μF
350 Hz	.068μF	.0068μF	212 Hz	.056μF	.0056μF	106 Hz	.056μF	.0056μF
425 Hz	.056μF	.0056μF	253 Hz	.047μF	.0047μF	126 Hz	.047μF	.0047μF
506 Hz	.047μF	.0047μF	360 Hz	.033μF	.0033μF	180 Hz	.033μF	.0033μF
721 Hz	.033μF	.0033μF	541 Hz	.022μF	.0022μF	270 Hz	.022μF	.0022μF
1082 Hz	.022μF	.0022μF	794 Hz	.015μF	.0015μF	397 Hz	.015μF	.0015μF
1588 Hz	.015μF	.0015μF	1191 Hz	.01μF	.001μF	595 Hz	.01μF	.001μF
2382 Hz	.01μF	.001μF	1452 Hz	.0082μF	820pF	726 Hz	.0082μF	820pF
2904 Hz	.0082μF	820pF	1751 Hz	.0068μF	680pF	875 Hz	.0068μF	680pF
3502 Hz	.0068μF	680pF	2126 Hz	.0056μF	560pF	1063 Hz	.0056μF	560pF
4253 Hz	.0056μF	560pF	2534 Hz	.0047μF	470pF	1267 Hz	.0047μF	470pF
5068 Hz	.0047μF	470pF	3609 Hz	.0033μF	330pF	1804 Hz	.0033μF	330pF
7218 Hz	0033μF	330pF	5413 Hz	.0022μF	220pF	2706 Hz	.0022μF	220pF
10827 Hz	.0022μF	220pF	7940 Hz	.0015μF	150pF	3970 Hz	.0015μF	150pF
15880 Hz	.0015μF	150pF	11910 Hz	.001μF	100pF	5955 Hz	.001μF	100pF
23820 Hz	.001μF	100pF	14524 Hz	820pF	82pF	7262 Hz	820pF	82pF
			17514 Hz	680pF	68pF	8757 Hz	680pF	68pF
			21267 Hz	560pF	56pF	10633 Hz	560pF	56pF
						12670 Hz	470pF	47pF
						18045 Hz	330pF	33pF

元 件 值

R1	1MΩ	R7	見表	C1	.22μF
R2	100kΩ	R8	見表	C2	750pF
R3	1MΩ	R9	見表	C3	.0033μF
R4	1.1kΩ	R10	100kΩ	C4	33μF
R5	100kΩ	R11	100kΩ	C5	見表
R6	100kΩ	R12	(5級)	C6	見表
				C7	2.2μF

3. 採用LA3600集成的五段音調均衡電路

圖(61)為電路原理圖，LA3600是利用內部高β低噪聲三極管與相關的RC元件組成定頻的模擬電感，其諧振頻率由外接電容 C_1、C_2 決定，頻率 $f=\frac{1}{2}\pi\sqrt{C_1C_2R_1R_2}$ 設計時可依需要改變 C_1、C_2 的值，以選定不同的控制頻率。圖中各頻段提升或衰減大於10 dB。如使用兩組相同電路即可組成雙聲道五段均衡電路。

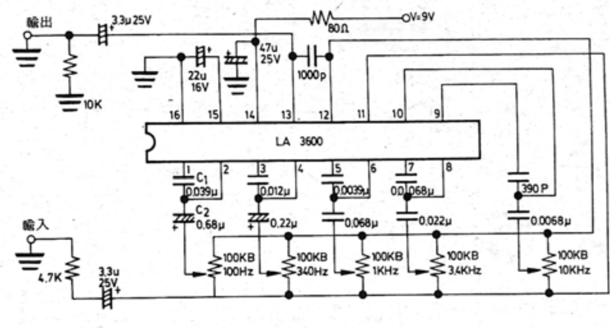


圖 (61)

4. 集成運放RC有源五段音調控制器

圖(62)為全電路原理圖，視要求運放可採用LM324、TL062、TL 、TL072、TL082、LF352等。

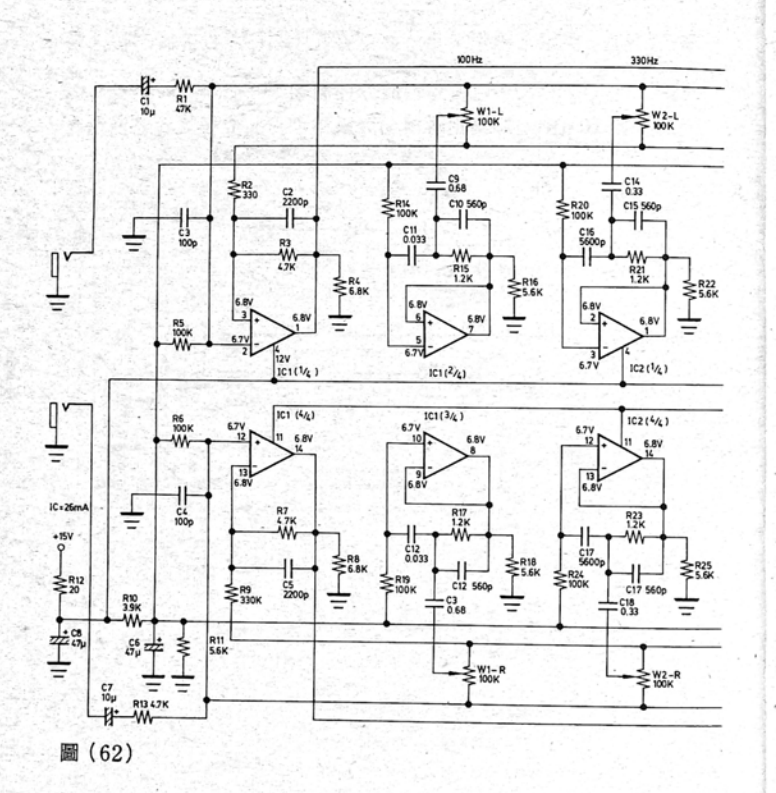
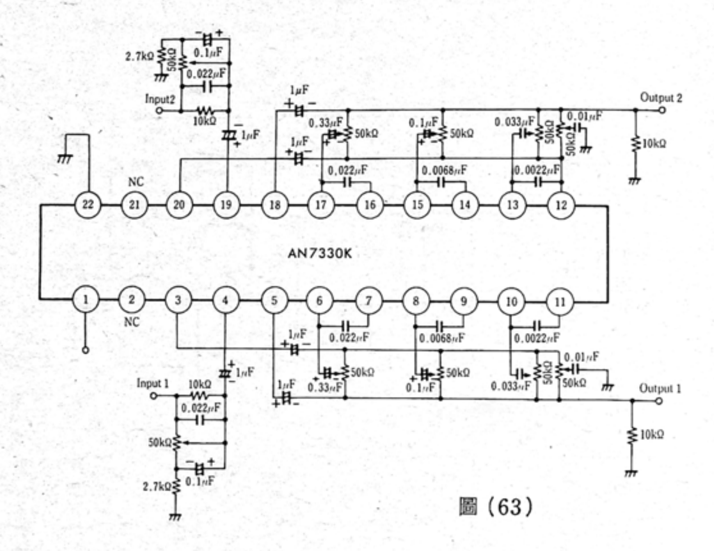


圖 (62)

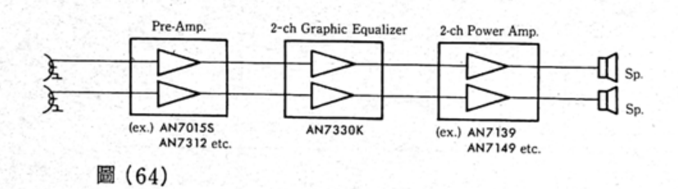
5. 採用AN7330K的雙聲道3段的衡器

圖(63)爲其電路應用原理圖。



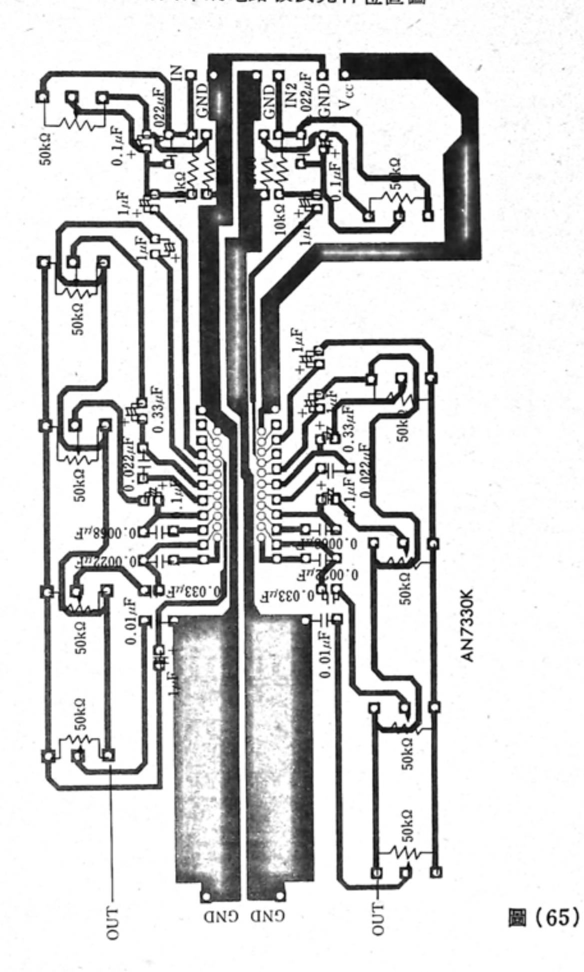
圖(63)

圖(64)爲其在卡座中的連接方框圖。



圖(64)

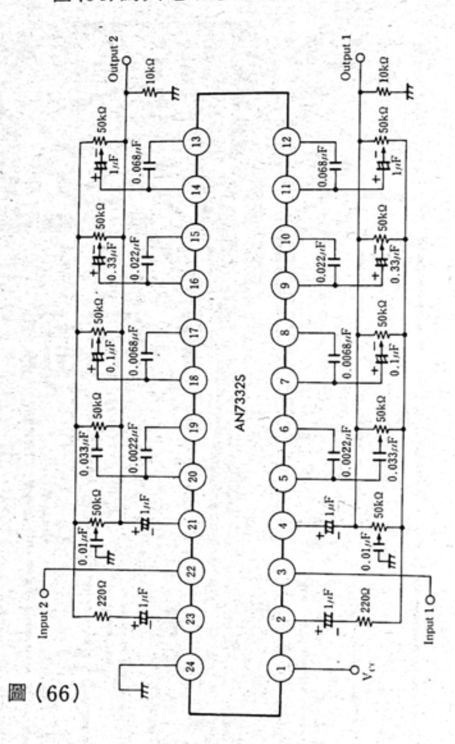
圖(65)爲其印刷電路板及元件位置圖。



圖(65)

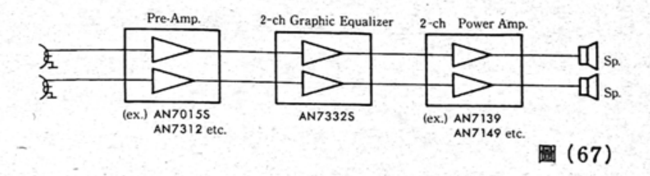
6. 採用AN7332S的雙聲道4段均衡器

圖(66)爲其電路應用原理圖。



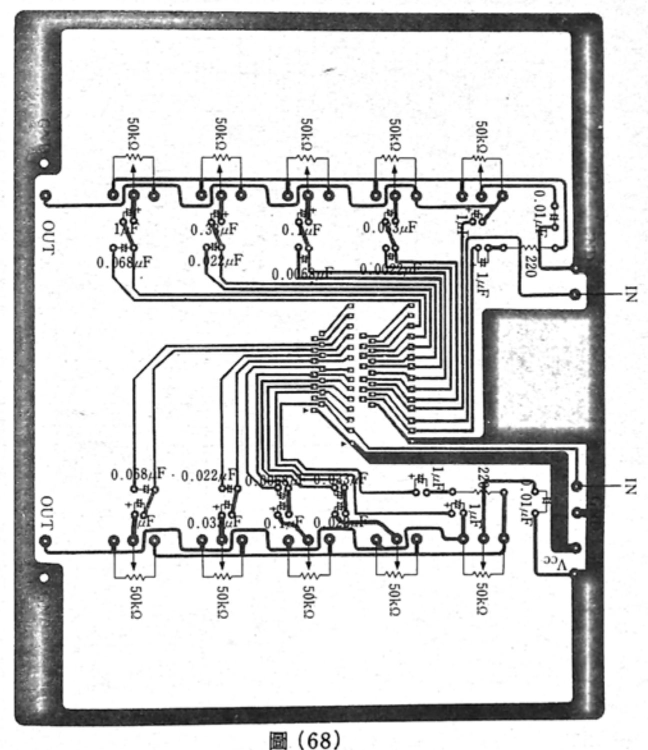
圖(66)

圖(67)爲其在卡座中的連接方框圖。



圖(67)

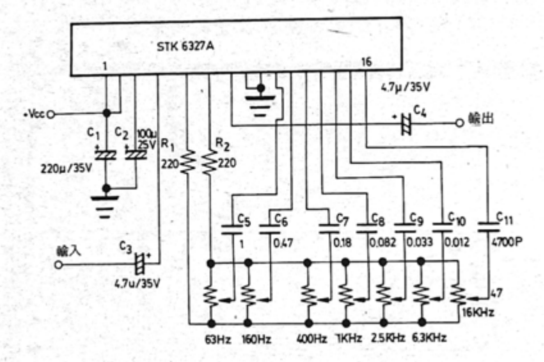
圖(68)爲其印刷電路板及元件位置圖。



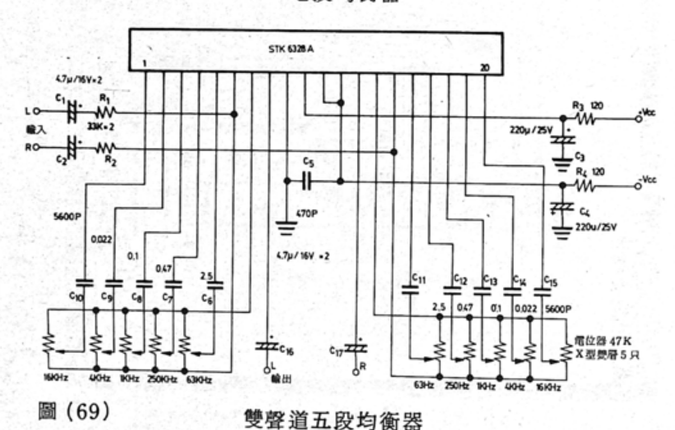
圖(68)

6. 用STK6327A STK6328A厚膜電路組裝的圖示均衡器

圖(69)爲其電路圖。用STK 6327 A及STK 6328 A圖示均衡器厚膜電路組裝圖示均衡器，其電路簡單，即各頻段的頻率調整點只有一個外接電容，調節簡化給使用帶來了方便。



七段均衡器

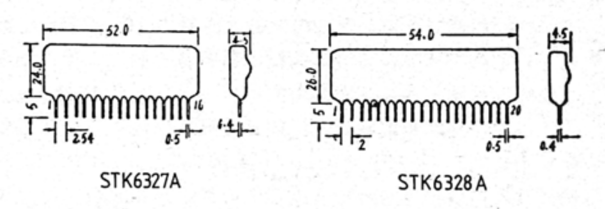


圖(69)　雙聲道五段均衡器

應用電路中，所有電阻採用金屬膜電阻，誤差應<5%，½W。外接諧振電容可選用無極性電容，精度<5%爲宜。

如想有好的均衡效果，建議採用單獨的電源供電，此外這二種厚膜電路的中點增益爲0dB，故在使用時應注意靈敏度匹配的問題。通常圖示均衡器的輸入只能接錄音機的綫路輸出，如是調諧器或唱機輸出則需要加入一級放大。

文後附二種厚膜的外形圖及參數表。



STK6327A　　STK6328A

參數名稱	符號	測試條件	STK6327A	STK6328A	單位
電源電壓	Vcc	−	+12	+12	V
	V_{EE}	−	−12	−12	
功能	Pd	T < 70°C	1.8	2.5	W
無信號電流	Icc_1	24V	28	50	mA
	Icc_2	±12V	7.5	19.5	
輸出電壓	Vo	THD = 1%	7.4	7	Vrms
諧波失真度	THD	Vo = 1 V	0.01	0.01	%
輸出噪聲電壓	V_{NO}	R9 = 0Ω	0.1	0.2	mVrms
通道串音	CT	f = 10KHz R9 = 2.2KΩ	−	−60	dB
各頻段控制範圍	$f1$	f = 63Hz	±12	±10	dB
	$f2$	160Hz	±12	−	
	$f3$	250Hz	−	±10	
	$f4$	400Hz	±12	−	
	$f5$	1KHz	±12	±10	
	$f6$	2.5KHz	±12	−	
	$f7$	4KHz	−	±10	
	$f8$	6.3KHz	±12	−	
	$f9$	16KHz	±12	±10	
輸入阻抗	γi	−	9.6K	9.6K	Ω
輸出阻抗	γo	−	200	200	Ω
使用環境	T	−	−20～+70	−20～+70	°C

7. 頻譜顯示器

頻譜顯示器實際上是一種超級 VU 表，其優點是能以圖形方式顯示各種頻率的峯值。該顯示器含有 10 列，標稱中心頻率爲 32 Hz－16 KHz。訊號強度分 14 級垂直顯示（每級 1.4 dB），故該顯示距陣含有 10×14 個點，可用 140 個 LED 構成，如能採用含有正確數量點的螢光屏顯示效果更佳。

該裝置的原理方框圖如圖(70)。輸入訊號由 10 個帶通濾波器分爲 10 個頻帶。每一濾波器的輸出都跟着一個由二極管和電容器組成的簡單整流電路，經整流的輸出被送到一個 10:1 混訊器。混訊後的輸出訊號被輸到 14 個比較級，比較級亦作爲推動級推動顯示矩陣的 14 條平行。10:1 混訊器推動矩陣的 10 個列。兩個混訊器均由普通的時鐘訊號定時以保證互相配合，這意味着 10:1 混訊器總是將濾波器接與其所選擇的列相對應的比較級。所以每一列中將有一些象點發光，具體情況是取決於比較器級 14 個輸出的狀態。實際上，列中發光象點的數目是取決於與該列對應的濾波器的整流器級中的電容器兩端的電壓。

圖(71)爲“顯示器”電路原理圖。

該螢光屏顯示器是通過燈絲工作的（如採用 LED 矩陣則可免去此步驟）。

該“顯示器”安裝在三塊印刷電路板上，見圖(72)。

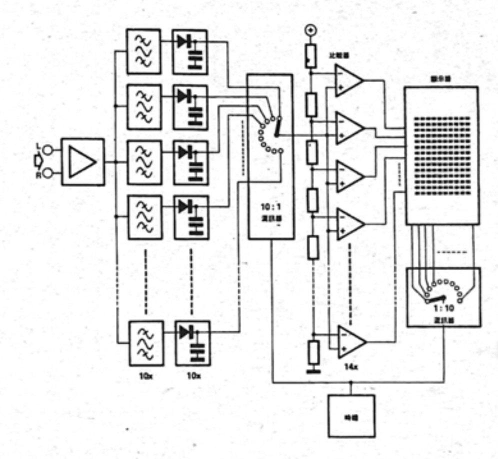
第一塊爲濾波器和整流器電路，第二塊爲列推動混訊器和電平轉換器，最後一塊則安裝比較器和顯示器。採用三塊板的目地是縮小整機體積，同時使該電路的各獨立部份可作其它方面的用途。

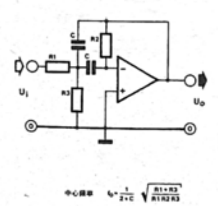
調試時，首先將 P_2 旋到最大，並將一個 10K 電位器接在 +15V 與 0V 之間。將該電位器的滑臂依次接 K－T 端，當接 K 端時，若調整該電位器以獲得較高電壓，則顯示器左列應開始發光。當該電壓足夠高時，則該列的所有 14 點應發光。同理可用此法檢查其它各列，若所有列均能正常工作，則說明顯示器推動電路、混訊器、時鐘以及比較器都能正常工作。

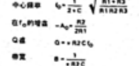
電路中有 2 個電位器 P_1、P_2。P_1 用來調整輸入靈敏度，P_2 則控制顯示器的衰減時間。

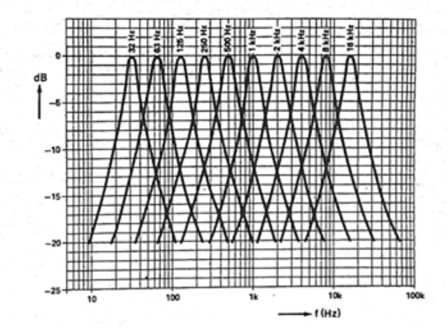
該裝置的輸入端最好接在前置放大器的錄音監聽輸出，因爲該輸出電平較穩定且不會受該前置放大器各控制器的影響。此外它還有一個優點，即頻譜顯示器的輸入靈敏度只需調一次。若該訊號是取自前置放大器的輸出，則每當改變音量時都要重新調整 P_1。

圖 (70)：10 個帶通濾波器的頻率特性曲綫。









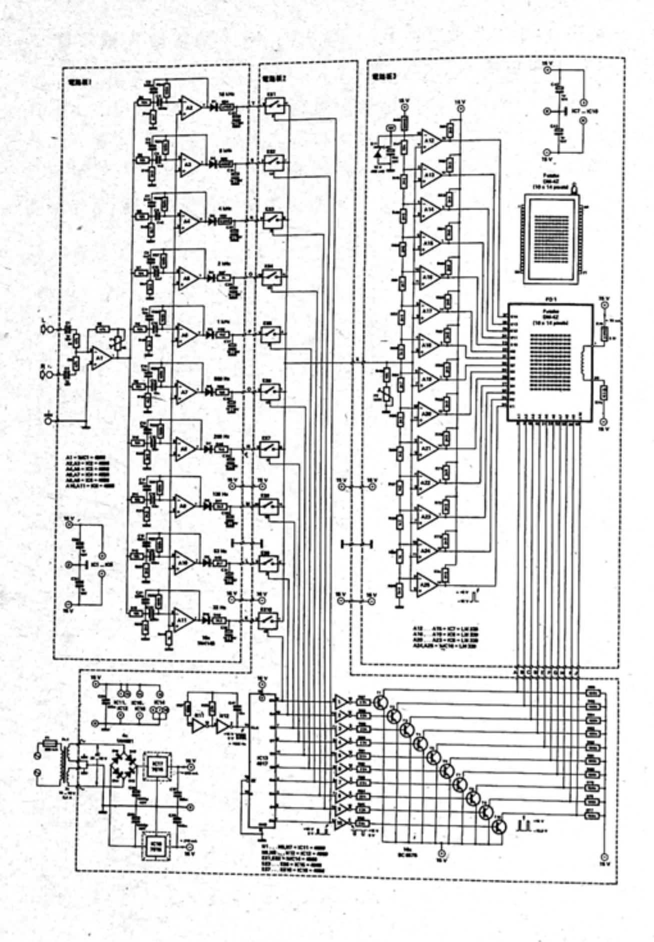


圖 (71)：頻譜顯示器完整電路圖。

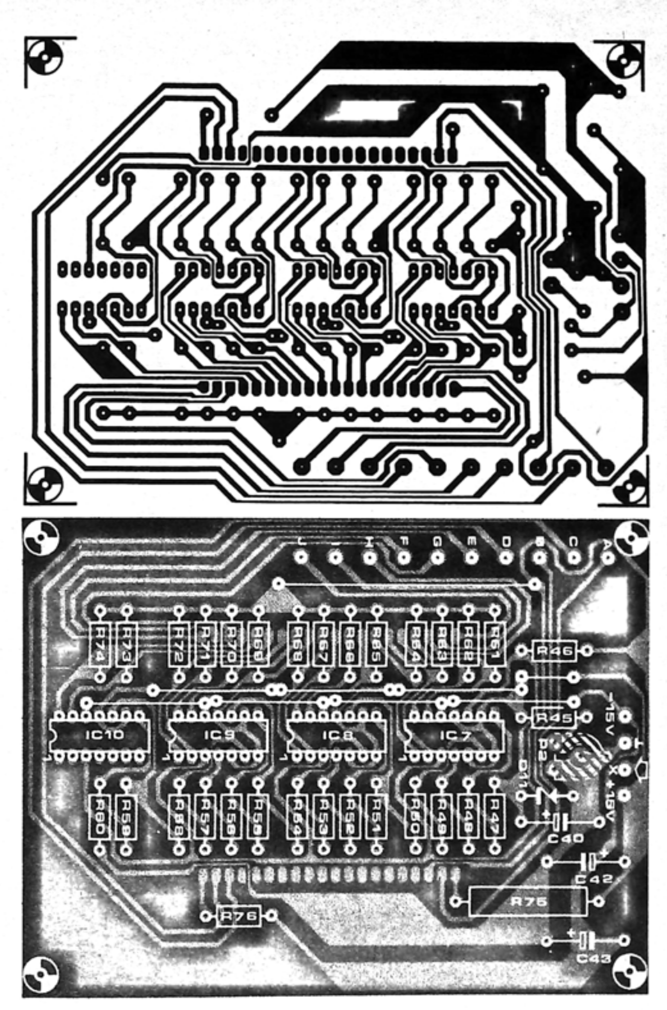
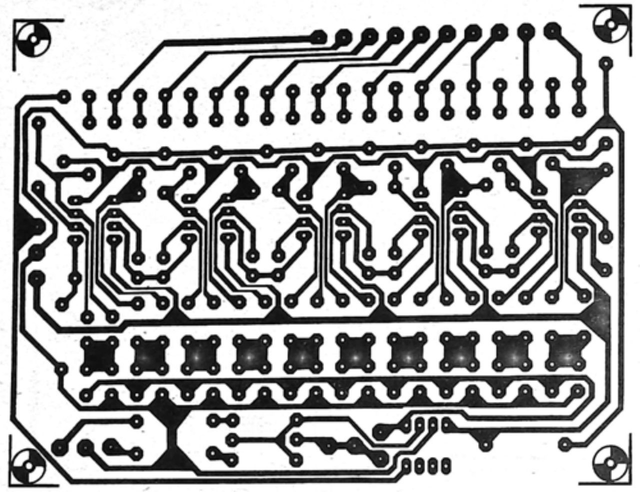


圖 (72)
混訊器 、列推動器和電源電路印刷電路板 。



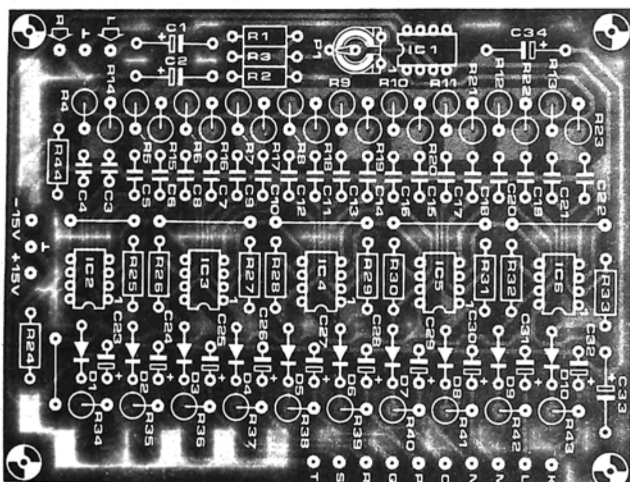
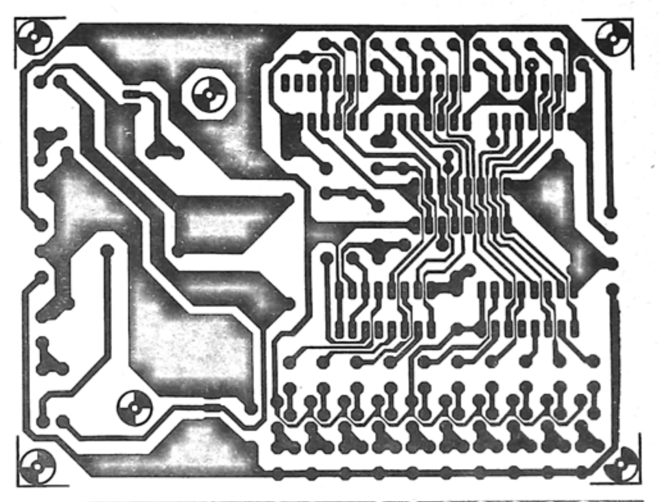


圖 (72)

10 個比較器和螢光屏顯示器是安裝在該印刷電路板上。顯示器和預置電位器 P_2 是安裝在電路板的銅箔面上。



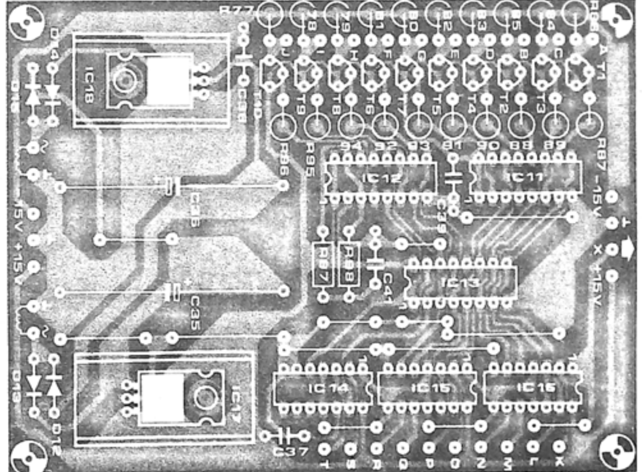


圖 (72)

濾波器和訊號整流器印刷電路板和電路板上元件的安排。

第三節：混响器

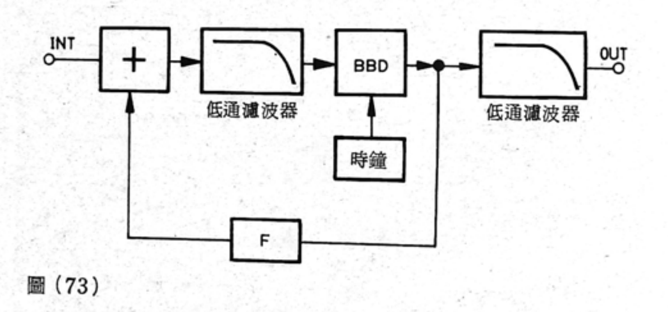
BBD 器件對信息具有延時功能，尤其在音頻（聲頻）信號的延時功能使它的應用範圍更爲廣泛。可以說在舞台音響、音樂中心、特殊音響處理器，以致Hi－Fi 中幾乎隨處可用。

在本書的製作中，BBD 器件的應用佔有一定的比例，爲使讀者對器件有更全面的認識，只能對BBD 應用作一簡要的介紹。

一、全電子混响器

原理框圖見圖(73)。圖中可見音頻延時的輸出信號反饋一部份到輸入端就構成了混響器。F爲反饋系數，F＜1 電路就能穩定的工作，考慮到電子混響器的各項指標下多取0.6～0.7 。

電子混響器在廣播、電影、電視、錄音、舞台音響中有許多重要的用途，常用它來美化音樂的音色，藉以改善聲音的豐滿度，增強渾厚感及音樂悠揚的成份，並能擴展聲場，使人們在餘音繚繞之中感覺到模擬廳堂的大小，增強聲音的時間立體感。



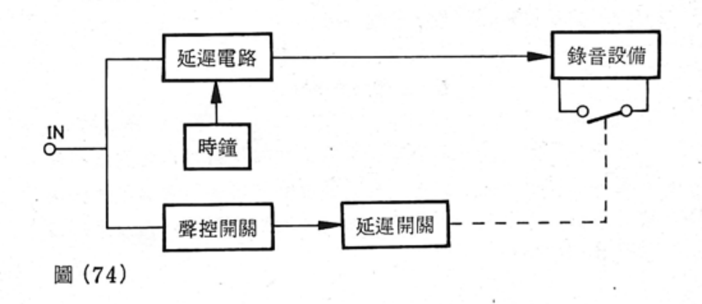
圖(73)

二、回响器（回聲）

回響器與混響器的結果基本相同，只是延遲時間不同而已，前者由於要感受到回音（雙音）故延遲時間多在100mS 以上，而後者不應有雙音感覺，延遲時間應小於50mS 。回響器用來模擬山谷回響，供戲劇效果用，而且可以用來處理音樂歌曲。使聲音變得空曠深遠。

三、音頻延時器

圖(74)爲音頻延時器的原理方框圖。例如要將間歇性、突發性的聲音錄下來（如雷聲、鳥叫聲、以及用於特殊錄音場合），若採用傳統技術的聲控開關肯定會漏錄，因爲在錄音機開動前，部份聲音已丟失。（這是由於機械的機械慣性，錄音機的電機需要20mS左右的時間方能啓動，故在啓動前已經丟失了一部份待錄信號）。而如圖(74)所示裝置，外來訊號經過延時方進入錄音設備，因此，當音頻信號到達錄音設備時，錄音設備已啓動了約30mS 的時間，保證了待錄訊號不會丟失。當外來訊號消失時，聲控開關斷，但由於有延時開關，錄音設備需延遲幾十mS （有延遲開關）才停止，這樣可保證訊號能完整無損的記錄下來。



圖(74)

四、模擬立體聲

用BBD 器件使單聲信號具有立體聲效果是獨具一格的。圖(75)爲其原理框圖。

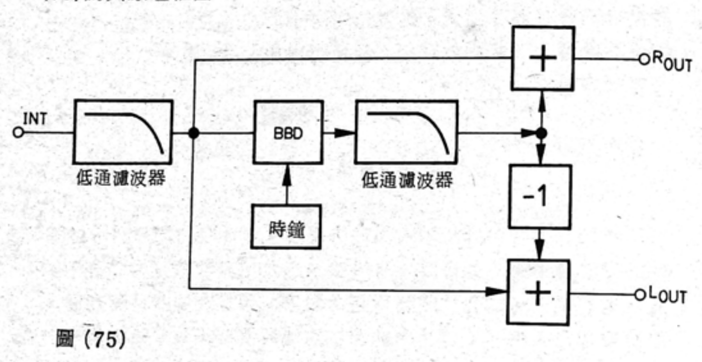
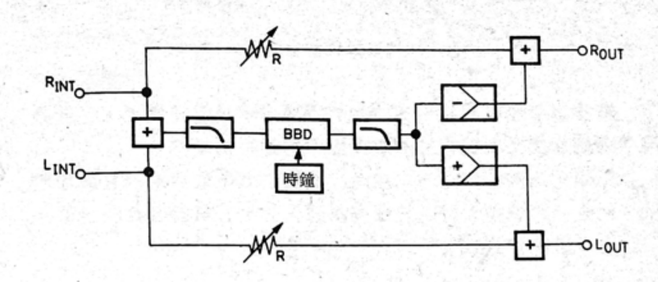


圖 (75)

圖中可見，直達訊號與延遲訊號相加後作爲R聲道訊號，相減後則爲L聲道訊號。每路信號都是典型的梳狀特性。在立體聲訊號輸出後，聆聽到的左右聲道梳形特性互相抵銷，頻率特性變爲均勻，另外對於不同頻率的訊號，左右聲道之間存在着聲壓差和相位差，聽到的聲源空間分佈位置亦不同，即聲場被擴展了，這就能獲得立體聲效果。因此對於單聲道訊號源來說，BBD 式模擬立體聲裝置是聆聽效果最佳設備之一。

五、立體聲聲場擴展

方框圖見圖(76)。其原理與模擬立體聲結構基本相同。不同處是聲場擴展不是通過揚聲器在空間混合，使聆聽者感受到聲場的變化，而是通過電路中的R值調整，改變其原信號與延遲信號的混合比例取得的。



六、梳狀音色濾波器

在電子樂器中，常用濾波器來改變音色，方框圖如圖(77)。如圖經BBD 延時後的訊號與直達訊號相加，混合輸出訊號就會變成如圖(77)所示的梳形特性，理論上它應有無窮多個衰減中心頻率點，濾波器只對中心頻率附近比較窄的頻段內有較大的衰減。

梳狀濾波器的阻帶衰減量由直達訊號與延遲訊號的混合比例決定，兩者的幅度越接近相等衰減量就越大。此外，改變 BBD 的時鐘頻率，使BBD 延遲時間能連續可調，使現場錄、放節目能連續調變音色，得到許多有趣的聲響效果。

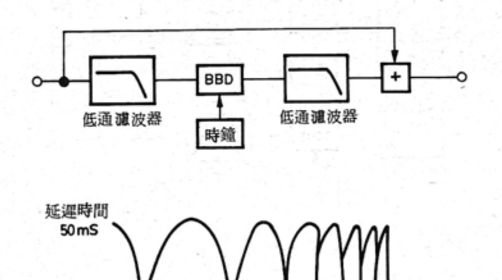


圖 (77)

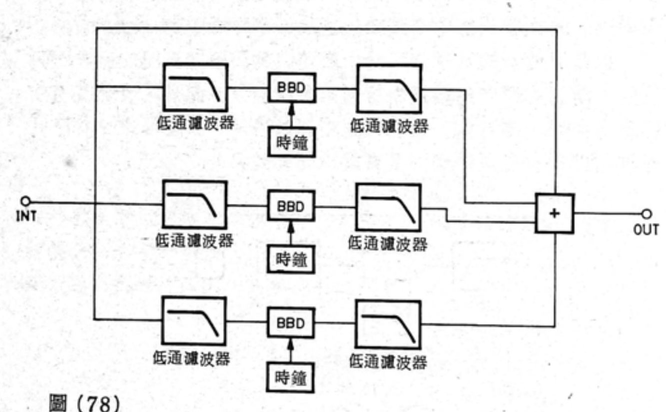
七、環繞聲效果產生電路

雙聲道立體聲只有一個方向的立體感，缺乏聲場感，也就是說令聆聽者感受不到在音樂廳現場中的那種臨場感。

電路結構與圖(76)基本相同。區別之處是取消兩只R調節電阻，使直通訊號稍大於或於延遲訊號，R、L訊號各自混合後，就得出了環繞聲的效果。

八、"合唱"效果產生電路

原理方框見圖(78)。由於三個延遲器各有不同的延遲時間，輸入訊號與三個被延遲了的訊號混合，其效果就等於使獨唱變爲四重唱或二重唱變爲八重唱。



圖(78)

BBD器件雖有應用廣泛的一面，但如果不能正確使用，則往往不能收到預期的效果，以下簡單談談使用中應注意的一些問題。

BBD器件有MN3000、MN3200、MN3300系列，究竟選擇那種好呢？MN3000系列中的MN3001～MN3003屬於舊型號，性能差使用不便，最好避免使用。其它可根據系統的電源選用，

但爲增大動態範圍，盡可能選用高電壓型爲好，同時也應注意MN3000系列用在低壓設備中的特殊用途。如MN3200系列在管腳互換性方面品種較多，使用方便。

電源電壓的選擇如可能的話，使用高壓在信噪比方面會有好處。例：用10V便可以處理2 V_{P-P}以上的訊號。

輸入偏壓調整一定要設計好，合適的偏壓的偏移大（在製造商說明書上未註明上下限）。如處理不好，在最壞情況下處理的訊號有時只達一半以下。

另外信噪比與BBD的級數和時鐘的頻率有一定的關係。在需要高的信噪比時，時鐘頻率應在40KHz以上。如低於這個數，音質甚受影響，但在這種情況下要得到延遲時間，只能增加BBD器件的級數，此時成本、信噪比、失真率就要權衡處理了，因此在時鐘頻率方面，不得不作出讓步。在級數方面，作爲延遲用，1024級、2048級左右，在成本和性能方面可以有較好的平衡。

使用多個BBD器件時，尤其是一個一個的時鐘驅動器驅動時，在時鐘之間便引起干擾，如"啪啪"、"吱吱"聲。要防止這種雜音，應考慮元器件的裝配，使時鐘電路相離，在電源上一定要加濾波電容，在控制系統中也要加電容。

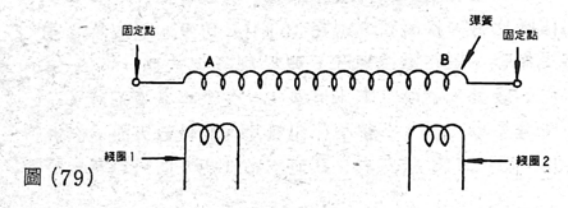
在元器件的裝配中，如輸入低通濾波器與BBD器件之間距離拉的很遠，本來應該除去高頻成份，可是有時時鐘傳導到低通濾波器了。低通濾波器在高頻時的阻抗增大，因此裝配時應縮短低通濾波器與BBD器件的距離。

時鐘頻率可變時，會產生差拍，動作也不穩定。爲了達到穩定的目的，可採用直流電壓控制時鐘頻率。

另BBD器件爲MOS器件，焊接時應注意接地，以免損壞器件。

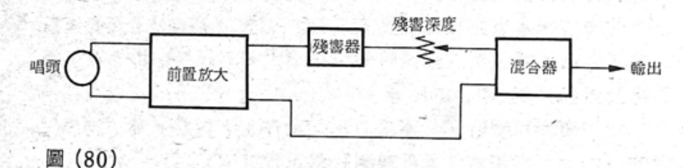
1. "鋼綫"式殘響器（混响器）

"鋼綫"式殘響器又稱爲"彈簧"式殘響器，它主要是利用鋼絲彈簧的"音叉"效應（一彈音叉，嗡嗡聲可延長的現象來模響殘響的。圖(79)爲利用彈簧產生殘響（回聲）的原理示意圖，訊號輸入綫圈1後，便會使A點附近有一個與輸入訊號同步之變化磁場，繼而影響A點附近之彈簧向兩邊移動，其中向B點者經延遲後到達B點，而綫圈2便感應了這些訊號。由於彈簧的"音



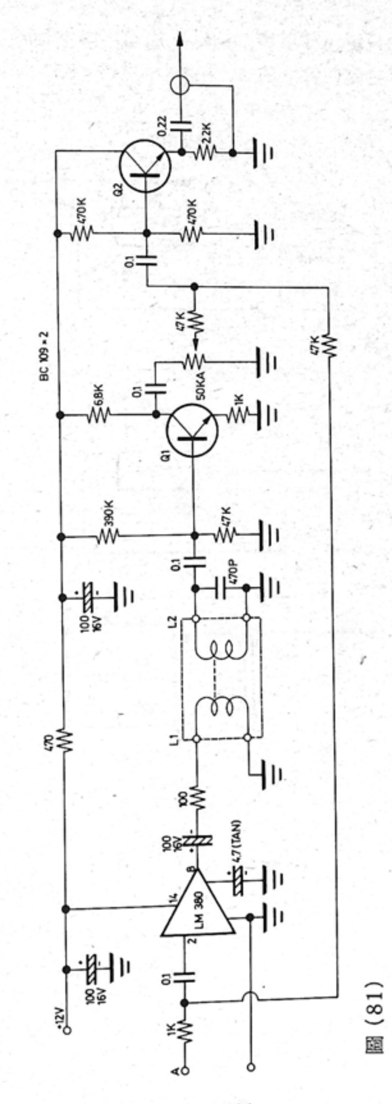
圖(79)

叉"效應，故彈簧能將這些訊號的能量維持一段時間，故此便有一個類似於回音（殘響）的訊號在綫圈2輸出，殘響訊號產生之後便可以和原來的訊號混合在一起經主擴音電路進行放大，如圖(80)所示。電路原理圖見圖(81)。



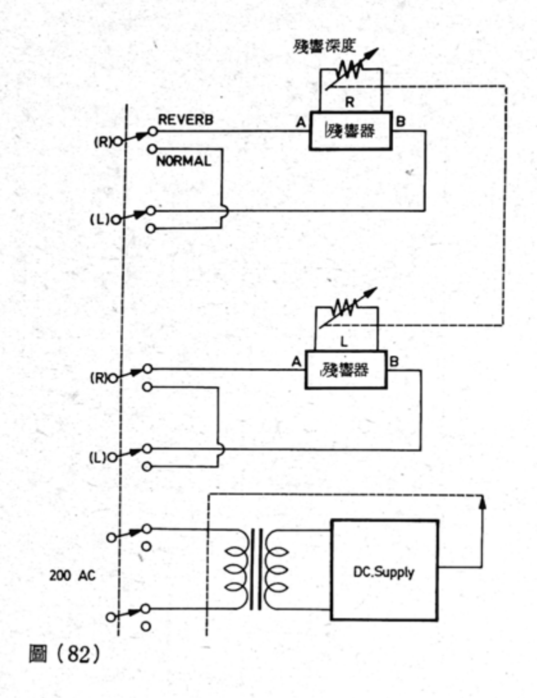
圖(80)

圖中可見音樂訊號由A點輸入後即分爲兩路，其中一路未經放大直接接到Q_2 的基極，即所謂的原音訊號，而一路即爲殘響訊號產生電路。訊號輸入後經功率放大器LM380 放大後便接入殘響器的推動綫圈L_1，在L_2上就會感應到殘響訊號，經Q_1 放大後通過Q_2與原音訊號混合，50KΩ 電位器是用來調節殘響的深度的。

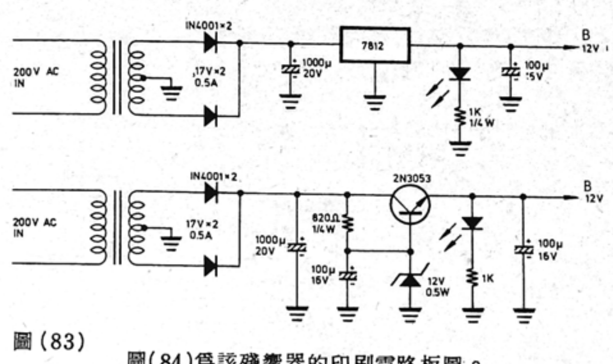


圖(81)

前面我們只給出了單聲道綫路，而另一聲道與前者相同，總體接綫示意圖見圖(82)。電源供電電路見圖（83）。

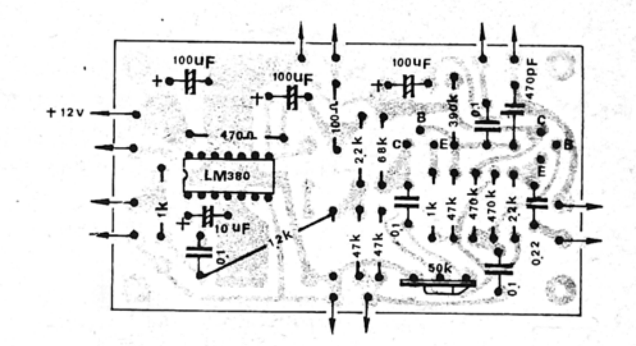


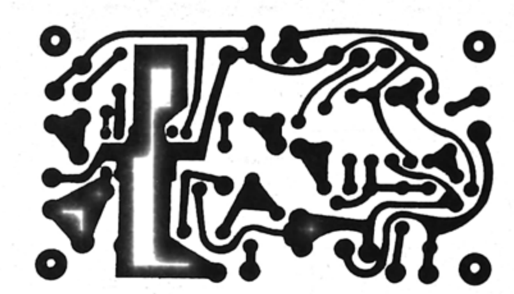
圖（82）



圖（83）

圖（84）爲該殘響器的印刷電路板圖。





圖（84）

2. "彈簧"式混响器

電路原理圖見圖 (85)。

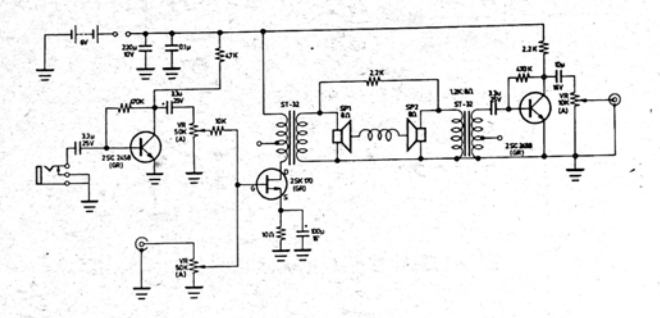


圖 (85)

註：1. 圖中所示彈簧拉力不要求太強，所用的鋼絲較細，長度在 10～30mm 間為宜。例如收音機刻度盤上所用的彈簧就比較好。另彈簧的每一圈間不要緊貼在一起，而要保持一段距離。

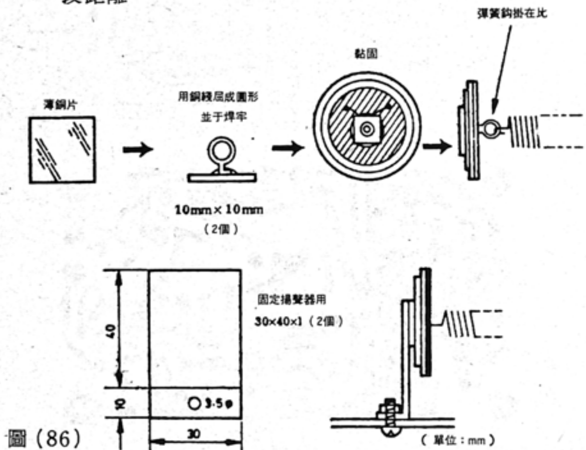


圖 (86)

2. 揚聲器與彈簧的固定，先找一塊銅片，剪出四塊約10mm見方的銅片，再用銅綫彎曲成圓形，並且焊牢於前述的銅片上，以便掛上彈簧，兩塊銅片分別用萬能膠粘牢在揚聲器音圈前面的防塵網上。注意上述的銅片以及供掛彈簧用的銅綫圈不能用鐵金屬的，否則會受揚聲器磁鐵影響。喇叭固定及彈簧安置見圖 (86)。

3. 用BBD器件製作的電子模擬混响器

BBD爲Bucket Brigade Device的簡稱，學名又稱爲斗鏈式電荷耦合型音頻延時綫。本文用於製作的MN3008就是BBD器件中的一種。見電原理圖。

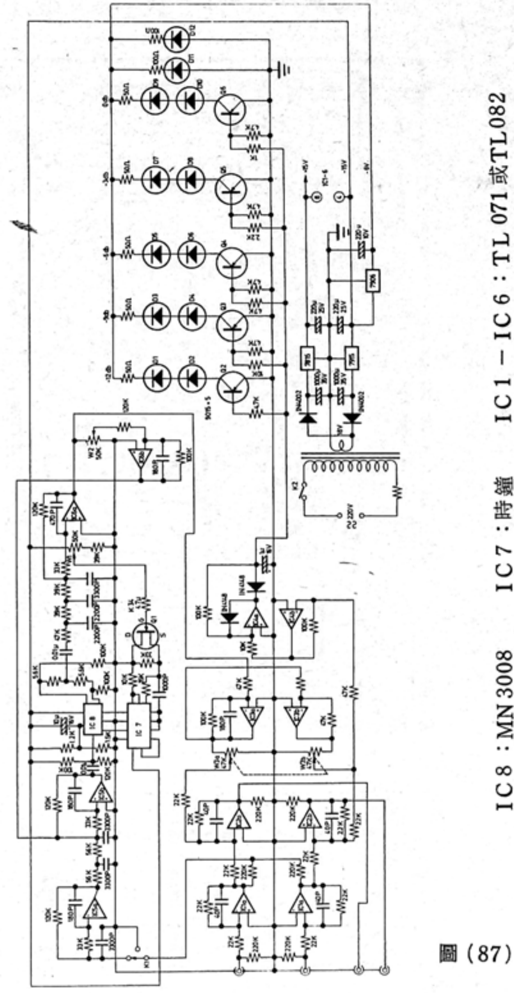
MN3008具有以下特點：1.延時時間長（2048級）；當時鐘頻率爲10KHz 時，延時時間爲102.4mS（毫秒）；2.信噪比高，大於78dB；3.插入損耗少，0dB；4.失眞小，約爲0.5%；5.電源供電簡單，見應用原理圖。MN3008爲特殊8腳雙列封裝。

本製作介紹的電子模擬混響器能模擬出音樂廳裏的自然混響，具有“餘音繞樑”的渾厚聲響效果，重現錄音音樂的現場演奏感，使聆聽者受到身臨其境的感覺。

圖(87)中K_1爲混響效果開關。W_1是延時控制器，延時時間可在10.24mS至102.4mS 範圍內調節。W_2是回音效果調節，與延時控制器配合使用，可在數秒時間內變化。W_3a、b是回音深度控制，用以調整回音的強弱。Q_2～Q_6組成混響深度顯示電路。IC_1、IC_2組成輸入、輸出信號緩衝放大器，IC_5組成低通濾波器，只讓8 KHz以下的信號進入延時系統，IC_7、IC_8是時鐘和BBD器件。調整W_1，時鐘頻率從10 KHz～100 KHz之間變化，延時時間與時鐘頻率成反比。IC_6a是低通濾波器，8 KHz以下頻率才能通過，IC_6b組成回音效果電路，將被延時了的信號重新反饋到延時器輸入端，這樣就能模擬出回音效果。

圖(88)給出本製作的印刷電路板圖。圖(89)則爲原件排列圖。圖(90)圖(91)分別爲裝配圖。

使用說明：1.利用K_2可靈活地控制在家庭音響系統裏加入混響效果。2.正常使用時，W_1、W_2、W_3配合調整，使混響效果，臨場感最佳。一般W_1、W_2、W_3均在2/3位置最佳。3.將回音效果(W_2)關至最小，其餘開至最大，此時從揚聲器中聽到的效果像是兩位歌唱家在二重唱，即主音完後還有一回音在回盪，令人盪氣回腸，餘音未已。



圖(87)

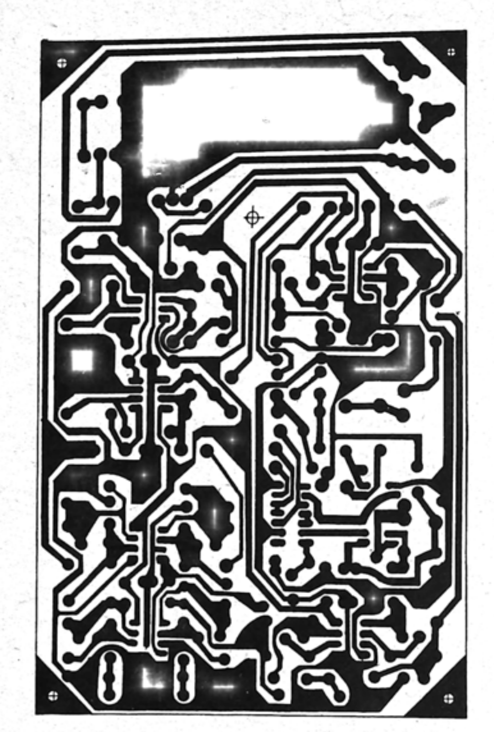


圖 (88)

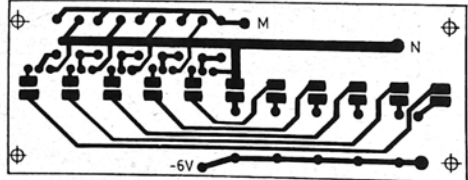


圖 (89)

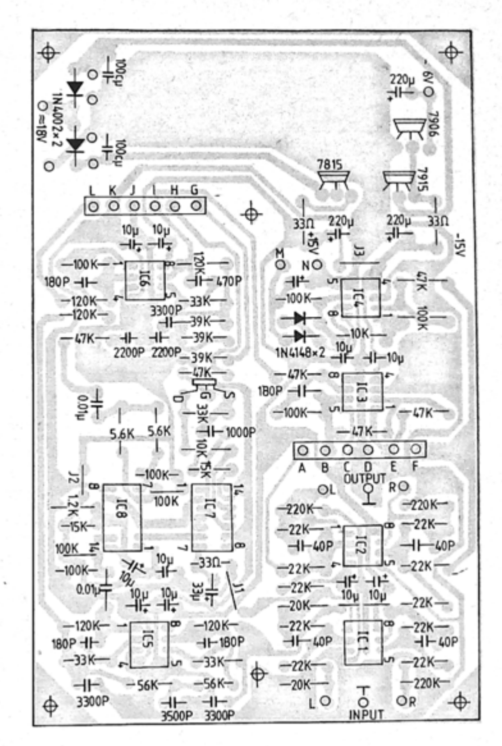


圖 (90)

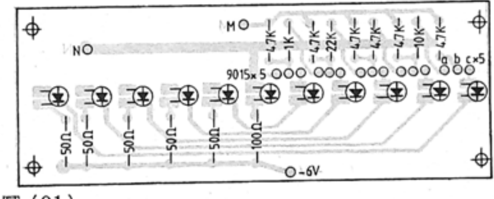


圖 (91)

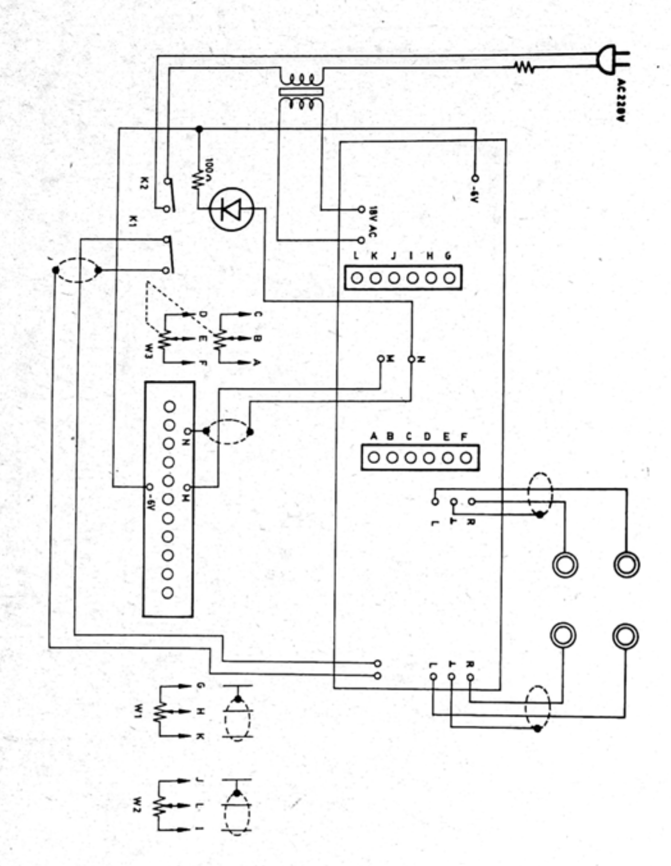


圖 (92)

圖 (92) 給出電子混響器總裝配示意圖。

4. 數字式回聲裝置

以往製作的回聲裝置多爲利用延遲元件產生比原訊號稍爲延遲的訊號，並使它與原訊號混合後得到。

而器件以往多採用BBD器件（斗鏈式器件），BBD（斗鏈式器件）的作用如圖(93)，即把輸入訊號作爲電荷儲存在內部的電容C上，通過模擬開關順次，將電荷輸送到相鄰的電容C上，從而達到延遲的目的。

B B D 器件作爲延遲元件使用是很方便的，但本身存在偏差，這是它的缺陷。本文所要介紹的是一種用完全不同的方式構成延遲電路的 IC：M50195 P。

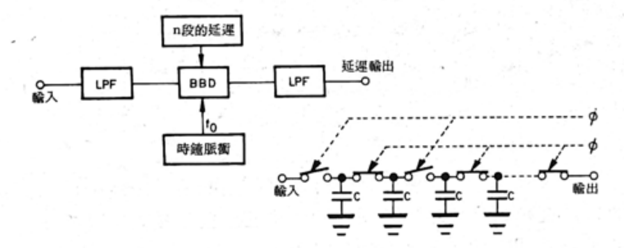


圖 (93)

M50195 P是一種稱爲數字回聲的 IC，它與BBD（斗鏈式器件）不同，是用數字方法進行延遲的 I C。其構成如圖(94)。圖中輸入訊號通過低通濾波器除去不需要的高頻成份後，通過A/D轉換器轉換成數字訊號。這些數字訊號被M50195 P外附的存儲器儲存，一定時間後再被讀出，通過 D/A 轉換器轉換成模擬訊號，然後通過低通濾波器輸出一個被延遲了的訊號。

這種延遲方式用的是一種稱爲自適應增量調制方式。故這種延遲方式所得到的延遲時間是由取樣頻率和存儲器的容量來決定的。

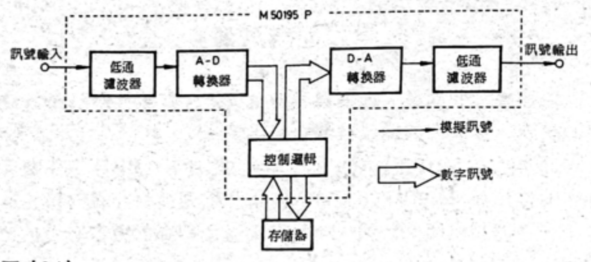


圖 (94)

圖(95) 爲得到回聲效果的延遲電路系統圖。一般來說，從原訊號延遲約 50mS 以上時便可聽到兩個訊號（雙聲、回聲）。因此要得到回聲效果，延遲時間必須大於 50mS，而 M50195P 通過內電路的切換可方便的獲得 98.3 ～ 196.6mS 的延時。

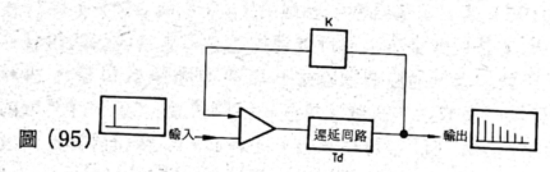
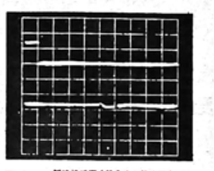


圖 (95)

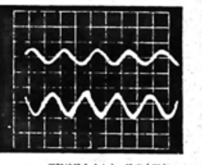
反饋量決定回聲的重復，故當它增大時，會造成回聲出現很長的拖尾，如拖尾太長便會造成不穩定，最終引起振盪。

圖(94) 爲應用 M50195P 的回聲電路應用原理圖，圖中可見整個系統所用外圍零件極少，而數字回聲裝置得以實現，的確是件了不起的事。

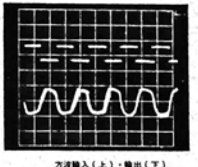
圖(95) 爲輸入輸出波形。標號爲 * 號的電阻爲用於反饋的電阻，從穩定性和效果方面看，有時必須進行調整。



脈冲波响應（輸入上・輸出下）MIDD. FB=OFF)〔1V/div, 20ms/div〕



正弦波輸入（上）・輸出（下）〔1V/div, 500μs/div〕



方波輸入（上）・輸出（下）〔1V/div, 500μs/div〕

如圖 (96) 所示設計反饋電路，則更容易得到各種場合的效果。

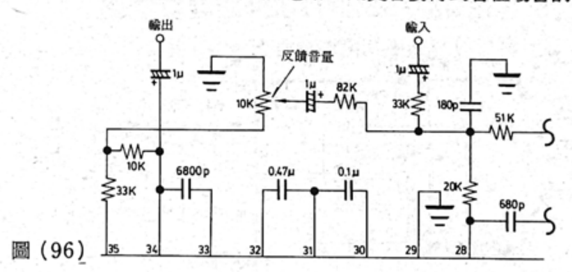


圖 (96)

圖 (97) 爲時鐘電路（可作爲多個操作裝置應用）。

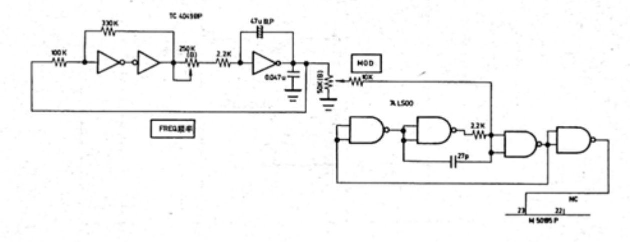


圖 (97)

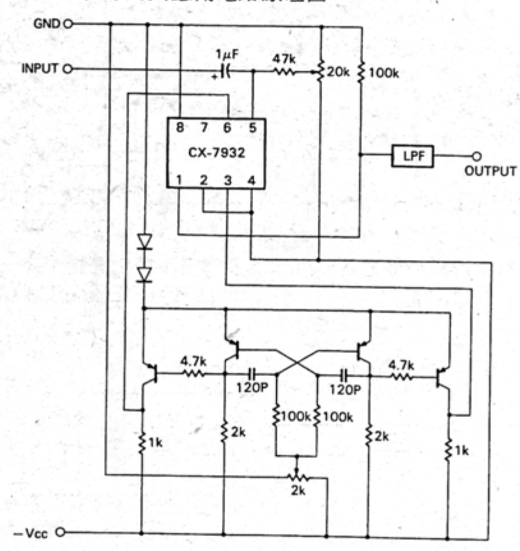
與ＢＢＤ器件相比，此電路容易得到長時間的延遲，同時不需要調整，在安裝方面的設計也很簡單。

應注意的是電源電壓爲５Ｖ，輸入電壓有限制即必須調定能最大限度有效利用動態範圍的輸入電平。

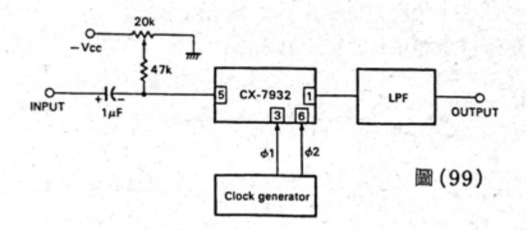
應用此數字ＩＣ器件，通過電路的變換，延時時間發生變化就可方便的得到回聲、立體聲、立體聲擴展、合唱、顫音等效果音。

5. 採用CX-7932的1024級混響電路

圖(98)爲其應用電路原理圖。

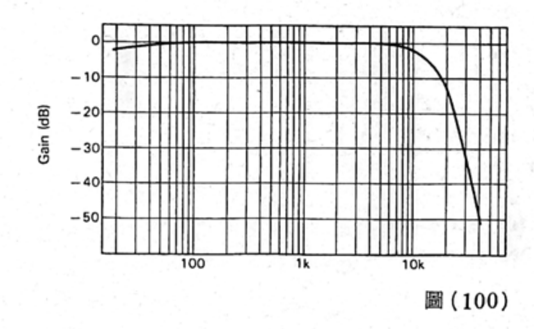


圖(99)爲CX-7932 在音響電路中的典型應用框圖。



圖(99)

圖(100)爲其LPF(低通濾波器)特性。

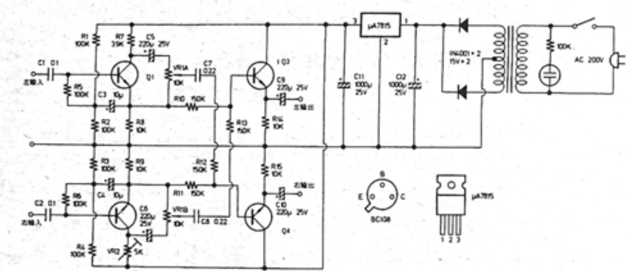


圖(100)

第四節：立體聲處理器

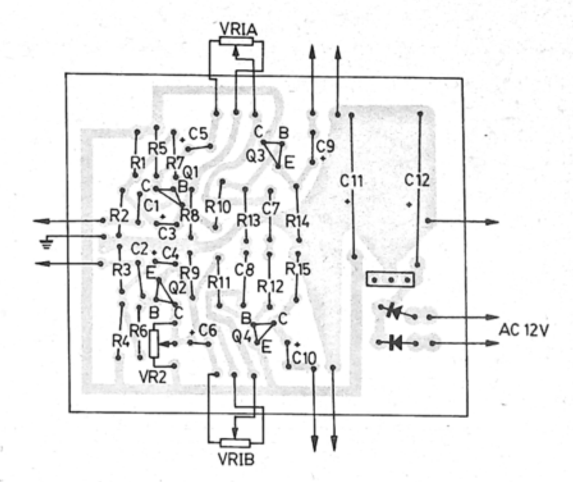
1. 立體聲分離控制器

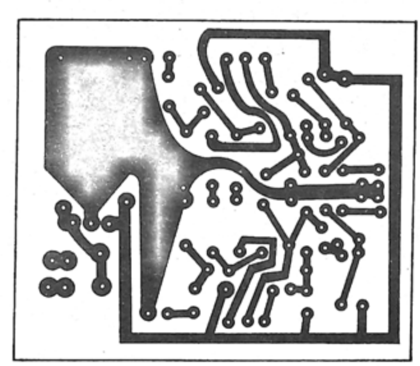
此立體聲分離控制器可供連續調節，從單聲道至普通的立體聲以至“超立體聲”。



圖(101)

圖(101)爲本裝置電路原理圖。此圖爲一雙聲道放大器。以左聲道爲例，綫路中包含一個緩衝級，提供一個增益爲1的同相輸出和另一個衰減30%的反相輸出。 VR_{1A} 用作調校 Q_1 組成的緩衝級的正相輸出或反相輸出成份的大小，Q_1 的正相輸出訊號將流向 R_{10} 至 Q_3 ，另一股訊號電流經 C_7 及 R_{12} 流往左邊的混音級 Q_4 ，同時由右聲道來的訊號亦於 Q_3 基極與左聲道訊號混合，結果成爲單聲道輸出。由於 VR_{1A} 兩端之訊號電壓相位差 180° ，故電流會相互抵消，當動臂旋達此點時，將無訊號流經 C_7 、R_{12} 。此時綫路成爲普通立體聲。當 VR_{1A} 調至最上端，反相訊號輸至 Q_4 與部份右聲道訊號混合，左邊 Q_3 亦同。不同相位的訊號混合的結果增加了立體聲的寬度感，而成爲“超級立體聲”。圖(102)爲印刷電路板圖及安裝圖。

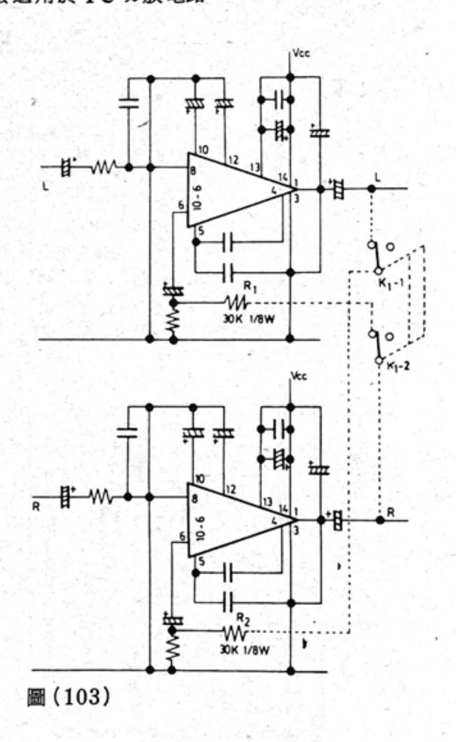




圖(102)爲印刷電路板圖及安裝圖。

2. 最簡單立體聲擴展裝置

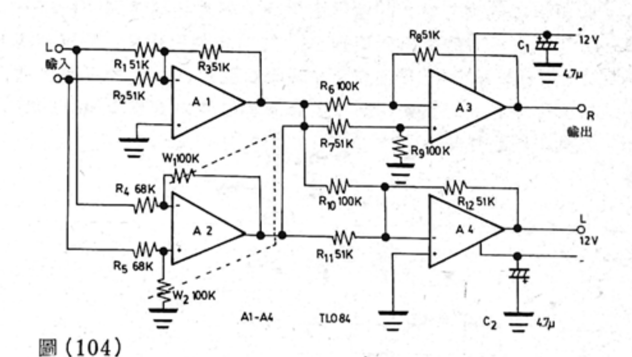
圖(103)中R_1、R_2、開關K爲新增加原器件，由它們構成了立體聲擴展裝置，可根據對立體擴展的要求調整R_1、R_2的阻值，但R_1、R_2的值不能太小，否則會造成電路自激和右聲道分裂。此方法適用於IC功放電路。



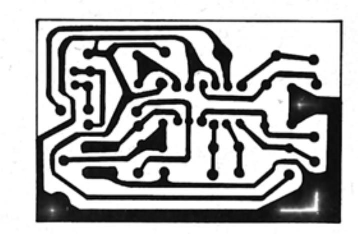
圖(103)

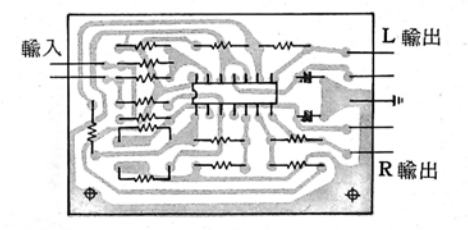
3. 可變立體聲擴展電路

圖(104)爲可變立體聲擴展電路。調節W_1、W_2即可連續控制立體聲擴展效果，圖(105)爲其印刷電路板圖。



圖(104)

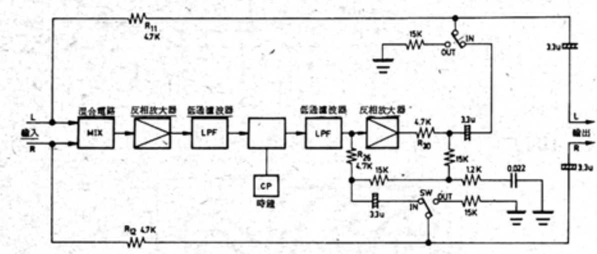




圖(105)

4. 聲像定位控制器

圖(106)爲聲象定位控制器原理框圖。圖中的轉換開關SW是聯動的，如將其轉到“OUT”一邊，L、R輸入便按原音訊號輸出。即無臨場效果（聲音的擴展效果）。如將開關轉到“IN”一邊，這樣，L一方的輸出便使經R_{11}的原訊號與經R_{30}的延遲訊號混合，而R一方的輸出便使經R_{12}的原訊號與經R_{26}的延遲訊號（其相位與經R_{30}的訊號相反）混合。於是便聽到聲場擴大的聲音。電路原理圖見圖(107)。

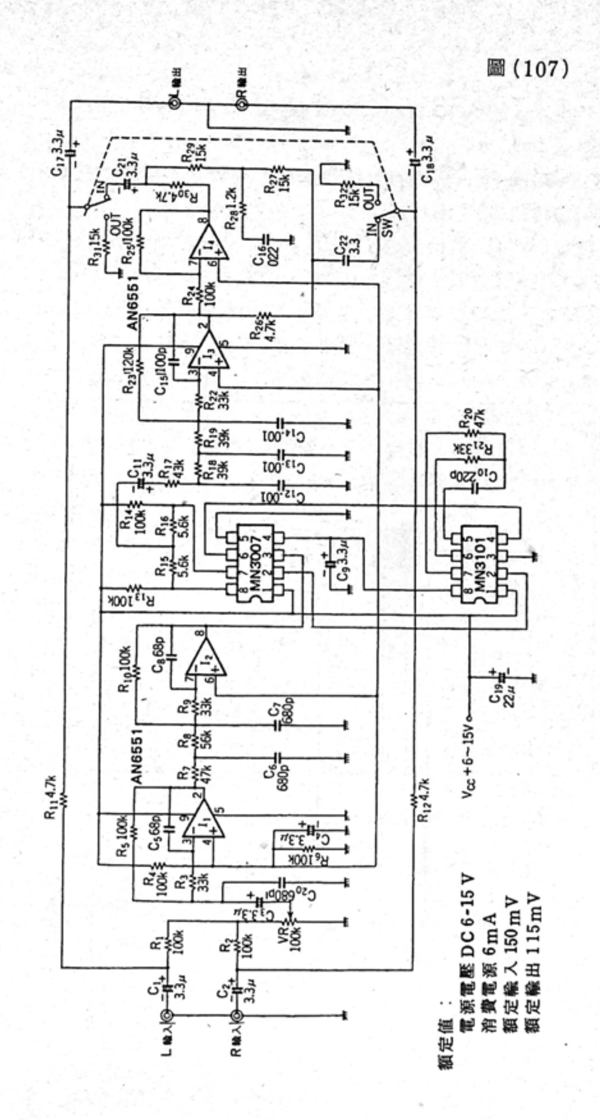


圖(106)

無論如何，一轉動可變電阻，音感便明顯改變。可依自己的愛好選定適當的位置。

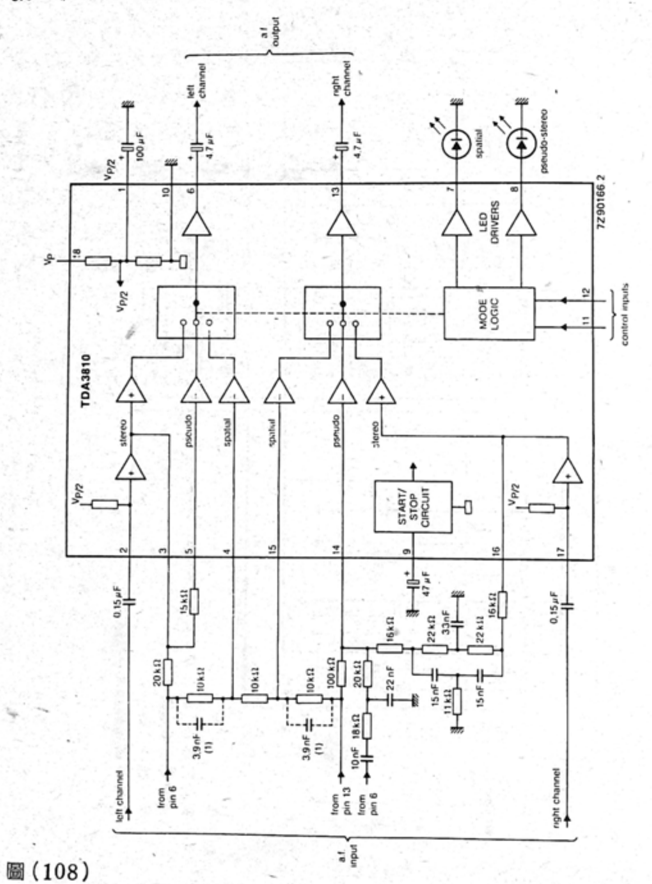
此外調整C_{10}、R_{20}、R_{21}等，即可改變延遲時間，得到非常有趣的音色。

圖(107)



5. TDA3810立體聲處理器的應用

TDA3810 是一塊具有立體聲擴展、立體聲重播和立體聲模擬三種功能的立體聲處理器。



圖(108)

圖(108)為TDA3810 的典型應用電路。從圖中可以看到，TDA3810 的 11、12 腳為邏輯開關切換控制腳。當置於立體聲方式時，左右聲道信號分別由 2 和 17 腳輸入，從 6 和 13 腳輸出。此時該電路幾乎不起作用，似一條零 dB 傳輸綫。當置於立體聲擴展時，由 6 腳輸出的左聲道信號，經兩個 10 KΩ電阻（其中 -10 KΩ 電阻上可并接 -3.9 nF電容）被加到右聲道的輸入端 14 腳；而 13腳輸出右聲道信號也經同樣處理被加到左聲道的輸入端 3 腳。這樣處理的結果，就使得原立體聲信號的聲象被大大展寬，令聆聽者能有更好的空間感。當置於立體聲擴展時，該電路對左聲道信號沒作多少處理，即從 6 腳輸出；而對右聲道信號，則經過一雙T選頻網絡，被選頻移相等處理後輸出。從而使得左、右聲道信號在相位和時間上產生差異，同相信號的聲像居兩音箱中間，而非同相信號的聲像則分居其兩邊。於是構成了模擬立體聲信號。

圖(109)為 TDA3810 的主要參數。

參　　數	符號	最小	典型	最大	單位
電源電壓範圍（18 腳）	V_P	4.5	–	16.5	V
電源電流	I_P	–	6	12	mA
參考電壓	V_S	5.3	6	6.7	V
輸入電壓（2 腳或 17 腳） 10 THD＝0.2%（立體聲狀態）	$V_{i(rms)}$	–	–	2	V
輸入電阻（2 或 17 腳）	R_i	50	75	–	KΩ
V_o/V_i 電壓增益	Gv	–	0	–	dB
（R/L）頻道分隔	α	60	70	–	dB
總諧波失真 f＝40～16000Hz；$V_{o(rms)}$＝1 V	THD	–	0.1	–	%
電源紋波抗擾	RR	–	50	–	dB
噪聲輸出電壓 （無衡重）左及右輸出	$V_{n(rms)}$	–	10	–	μV
動向模式 （11及12 腳為高電位）					
反相串音	α	–	50	–	%
電壓增益	Gv	1.4	2.4	3.4	dB
控制輸入（11及12 腳）					
輸入電阻	R_i	70	120	–	KΩ
開關電流	$-I_i$	–	35	100	μA
LED推動器（7及8 腳）					
供LED用輸出電流	$-I_o$	10	12	15	mA
正向電壓	V_F	–	–	6	V

圖(110)爲 TDA3810 的 11、12 腳眞值表

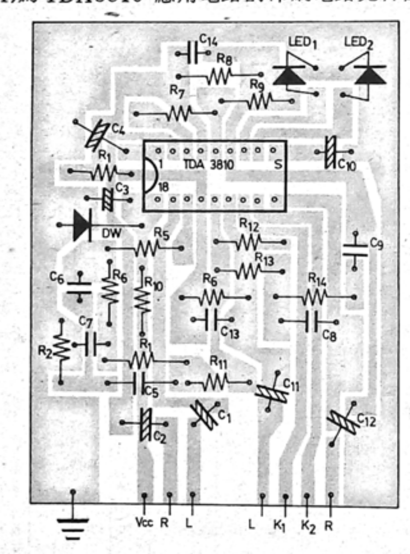
狀　態	控制輸入狀態		動　向 7 腳	LED 僞　冒 8 腳
	11 腳	12腳		
單聲道僞立體聲	高	低	熄	亮
動向立體聲	高	高	亮	熄
立體聲	低	×	熄	熄

低＝0 至 0.8V（較少正性電壓）

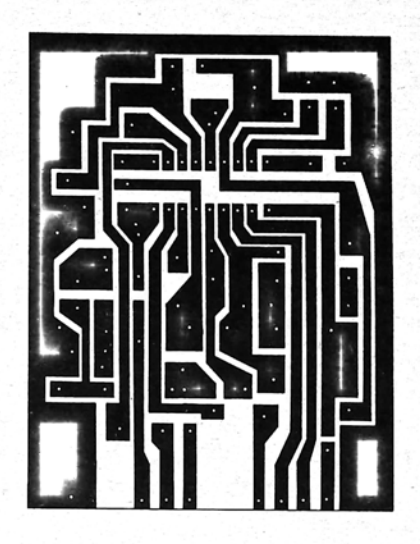
高＝2 至 5.5V（較多正性電壓）

×＝不需理會

圖(111)爲 TDA3810 應用電路的印刷電路元件配置圖。



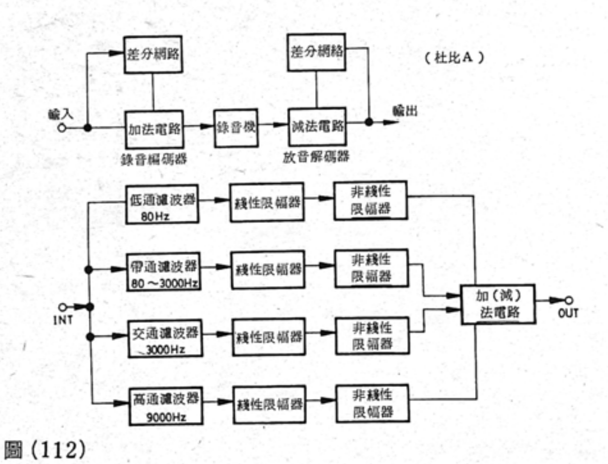
圖(111)



第五節：降噪電路

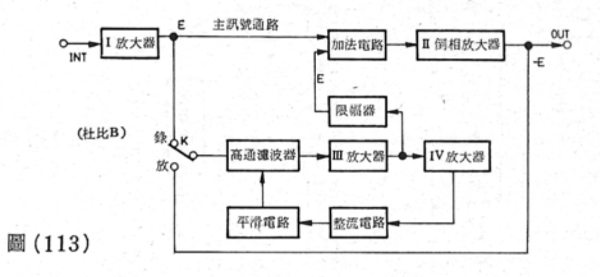
一部好的音響（Hi－Fi）除要求好的音質外，對噪聲的抑制要求也是十分苛刻的，磁帶的噪聲，唱盤的“噪聲”，以及突如其來的各種突發噪聲等等，爲了征服這些噪聲，人們在電路上研製出各種降噪電路。如用於磁帶的杜比降噪系統。以及由美國、日本各家公司研製的“自動降噪系統”其降噪效果十分顯著。爲使“發燒友”對降噪有一個全面的認識，以下簡單敍述一下各種降噪系統與電路。

杜比降噪系統是利用錄音訊號的壓縮擴展來實現降噪的，圖(112)爲“杜比A”型降噪系統原理框圖，該系統由差分網路（見圖(112)）與加法電路構成錄音用的降噪處理，由差分網路與減法電路構成放音用的降噪處理器。一般來說整個系統在整個頻帶上可獲得 10 dB 的降噪效果。



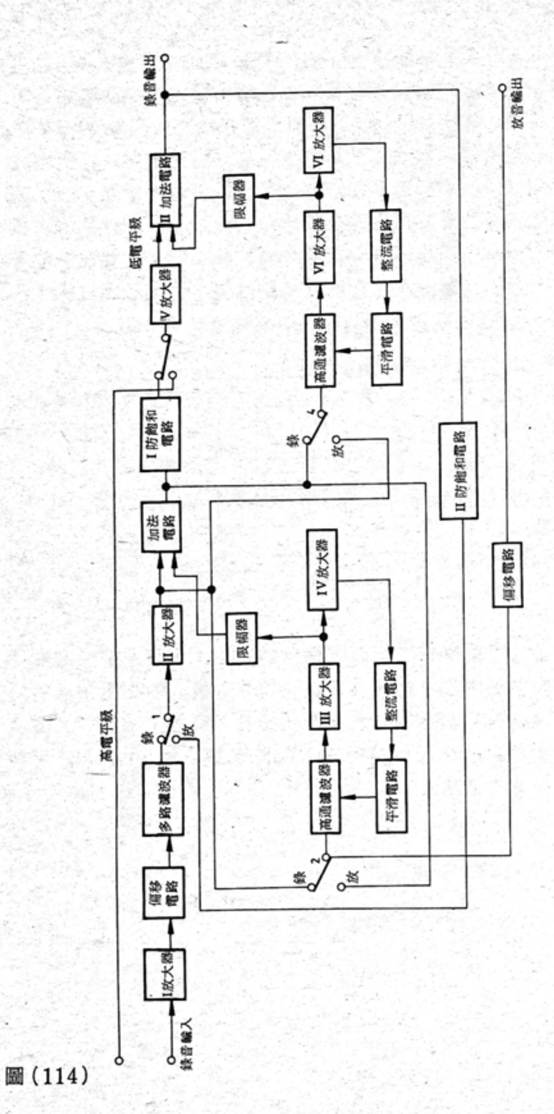
圖(112)

“杜比B”型降噪電路原理框圖見圖(113)。它由主訊號通道與帶有可變濾波器的副訊號通道以及相加電路等組成。副訊號通道包括高通濾波器，放大器 Ⅲ，限幅器，還包括由放大器 Ⅳ；整流電路，平滑電路等所組成的控制電路。副訊號通道中的控制電路，用來檢測通過副通道的高通濾波器部份訊號的頻率成份與訊號電平，以控制高通濾波器的截止頻率和衰減量，所獲得的副訊號利用在加法電路中與主訊號進行相加或相減，取得壓縮或擴展的效果。它只對小訊號的高頻段進行壓縮擴展，達到降噪目的。對頻率高於 5 KHz 的訊號大約有 10 dB的降噪效果。



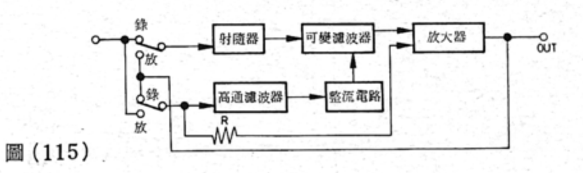
圖(113)

“杜比C”降噪電路原理方框圖如圖(114)，該系統由改變了外圍電路參數的兩個“杜比B”集成塊分別構成的高電平級與低電平級以及防飽和電路等組成。“杜比C”降噪系統對中、高頻的降噪效果比較顯著。1 KHz 以上的降噪效果約 20 dB，並可轉變成“杜比B”電路。



圖（114）

ANRS（自動噪聲衰減）電路的原理框圖如圖(115)。此電路只有一個主訊號通道。在主訊號通道的兩放大器之間，串接有一個頻響特性控制電路。頻響特性控制電路由可變濾波器及控制電路所組成。控制電路包括高通濾波器與檢測整流電路。分別在錄、放狀態時，對輸出、輸入訊號的頻率成份和訊號幅度進行實時檢測，並控制可變濾波器電路，以改變該系統的錄放音通道的頻率特性。錄音時提升錄音輸入訊號的高頻段，而放音時衰減放音輸入訊號的高頻段，以實現自動降噪的目的。

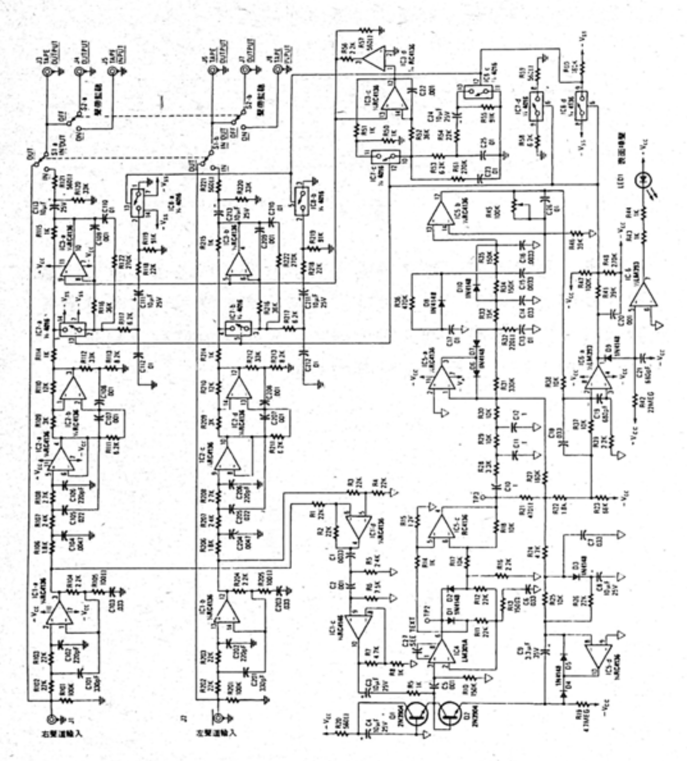


圖（115）

此外，用於改善唱片音質的噪聲濾波器／展擴器、隆隆聲濾波器、沙聲濾波器的電路更是花樣翻新，究其實質大多是將輸入訊號延遲，以便雜聲在進入放大器時發現它，並啓動開關防止該訊號進入放大器，從而實現降噪的目的。

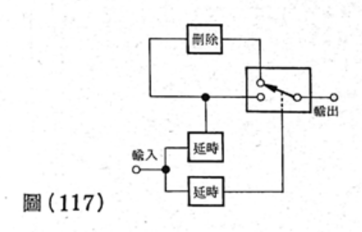
1. 唱片噪聲消除器

圖(116)為該消除器的電路原理圖，其原理方框見圖(117)。圖中可見，訊號延時一段時間（約 40mS），探測器就能在雜聲進入時檢測出來，同時該探測器會觸發一個開關在雜聲出現的瞬間保持開路（通常為 100～200 us），以致雜聲到不了放大器，從而消除了噪聲。



圖（116）

圖(117)中，每一通道的前 3 個運放及其輔助元件用作低通濾波和移相。刪除器由每一聲道中的最後一個運放（ IC_3a ）擔任，其工作由兩個模擬開關控制（ IC_7a 、 IC_8a ）該運放與 R_{116} 、 C_{109} 形成一個積分器。

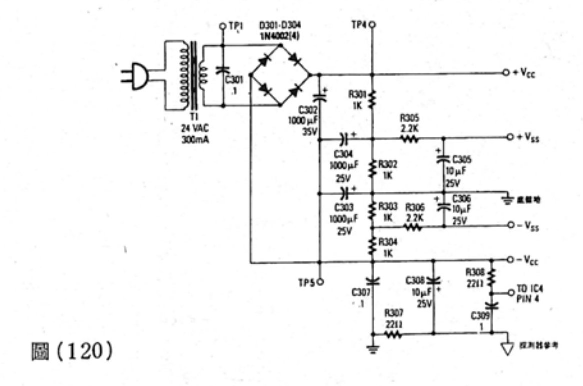


圖（117）

探測器由 IC_1d 組成。它用來探測沙音。

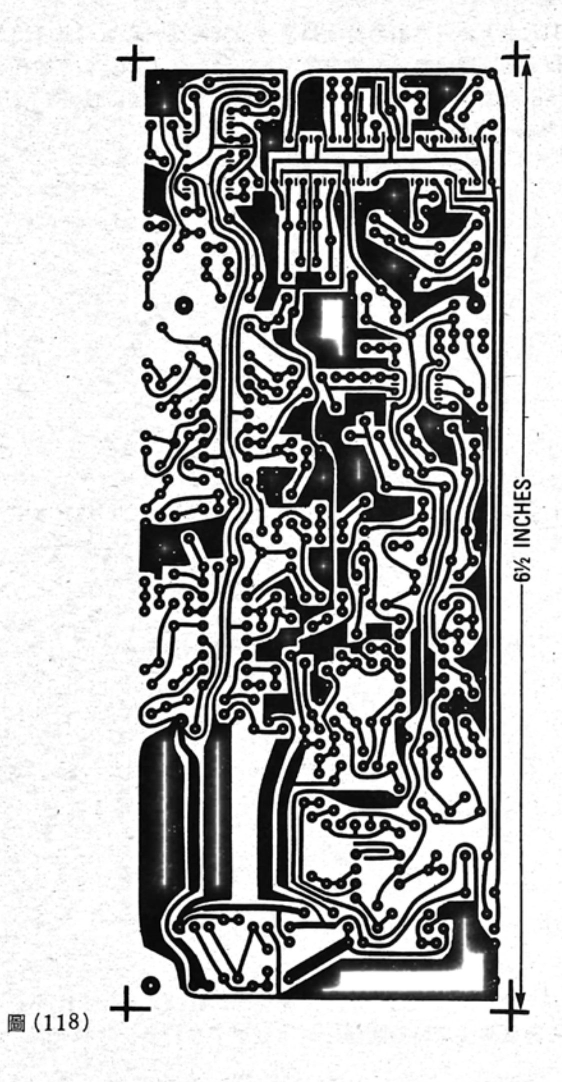
結合原理框圖我們不難理解全電路的工作原理。

圖(118)為其印刷板圖。圖(119)為其安裝圖。圖(120)則為其電源電路。

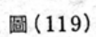


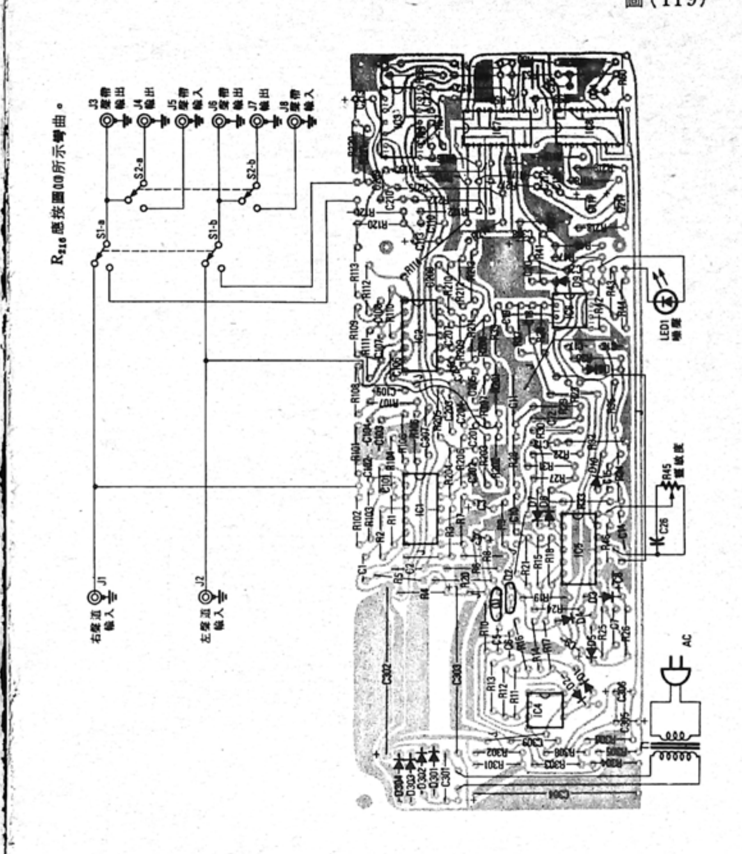
圖（120）

使用時可用一個 IN/OUT 開關使該裝置接入Hi-Fi 系統。注意合理調整靈敏度控制器以使本裝置工作於最佳狀態。


6½ INCHES

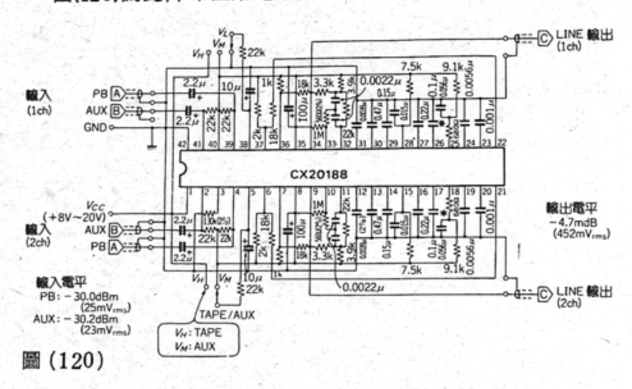
圖(118)


圖(119)


R_{216}應按圖00所示彎曲。
J3 錄帶輸出
J4 輸出
J5 錄帶輸入
J6 錄帶輸出
J7 輸出
J8 錄帶輸入
S2-a
S2-b
S1-a
S1-b
J1 右聲道輸入
J2 左聲道輸入
AC

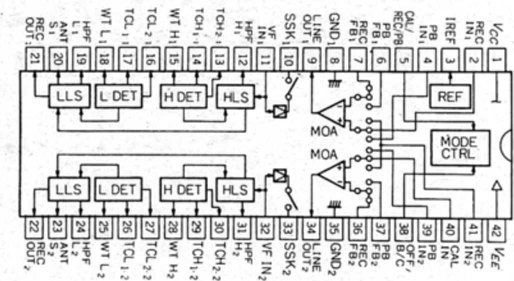
2. 採用CX20188的杜比降噪電路

圖(120)爲此降噪回路電路圖。



圖(120)

圖(121)爲CX20188的內部原理圖。



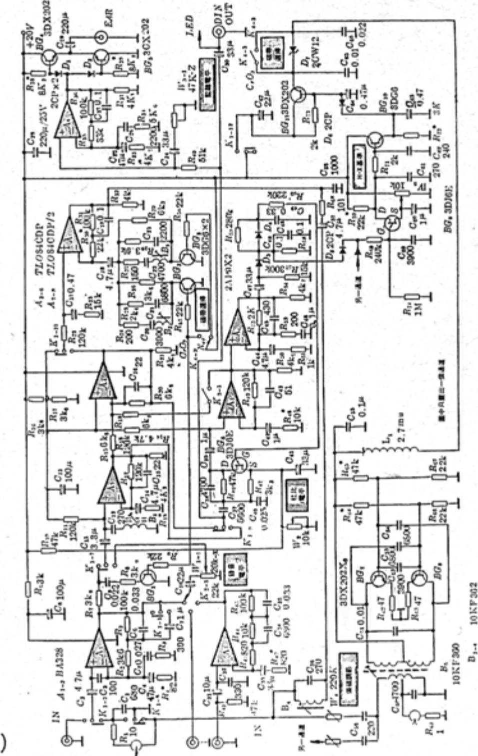
圖(121)

電路中的 CX20188 爲 SONY 公司專爲立體式卡座設計的降噪用IC，內藏立體雙聲道杜比B/C 方式的錄音/放音降噪裝置電路，故一枚IC即可滿足立體聲系統的需求，此IC可應用於單、雙電源。

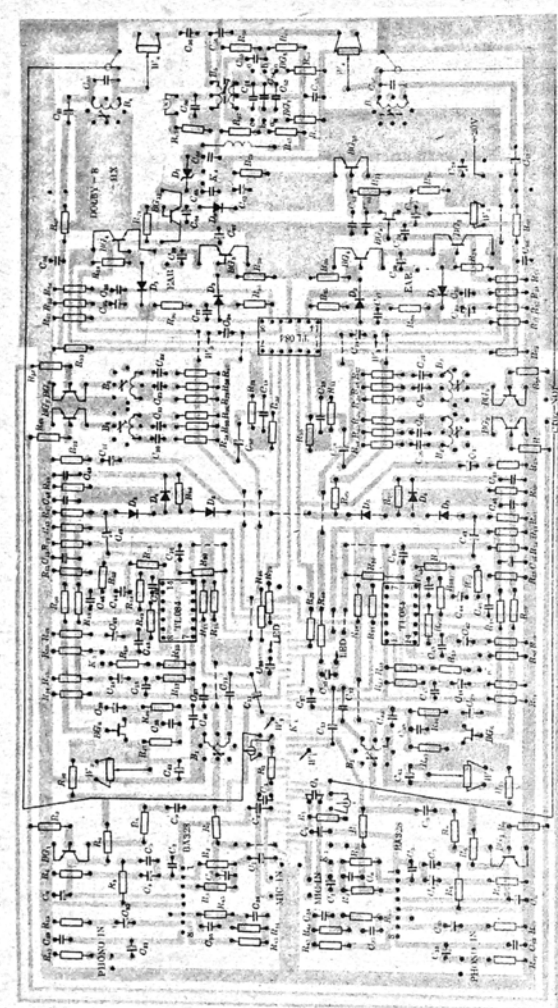
在圖(120)中，當切換開關置於 V_L 時爲NR OFF，置於 V_H 時爲採用“杜比C型”，置於 V_M 時則爲採用杜比B型。圖中凡有〔*〕符號的電容，當使用Vcc爲12V以上時需改用0.068μF。

3. 杜比B、杜比HX盒式磁帶錄音座

圖(122)爲其電路圖。圖(123)爲印刷電路板圖。



圖(122)


圖(123)

第六節：環繞聲處理電路

1. 環繞立體聲處理機

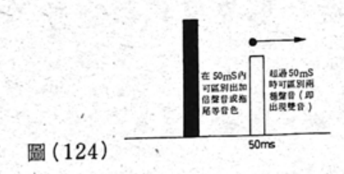
為了改善視聽設備的性能，人們可謂費盡心機然而又永無止境，從環繞立體聲的研究就很能說明這一點：

環繞立體聲感提高的進程

60年代	帶有混響的立體聲（聲頻的）
70年代前半期	四聲道立體聲時代（聲頻的） {重現聲場 {創造聲場
	數字延遲廉價化（操作裝置） ↓ 洛蘭德公佈數字處理機（聲頻的）
80年代	數字混響廉價化（操作裝置） ↓ 信號處理機出現（操作裝置） ↓ 雅瑪哈（人名譯音）公佈數字處理機（聲頻的）

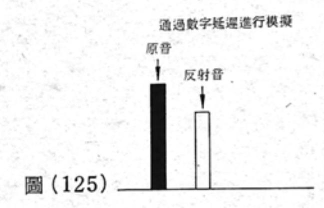
最近上市的許多產品利用延遲電路模擬製造聲場，其效果是不錯的。音速一達到340公尺/秒，由於延遲34 mS，可聽到10公尺外發出的聲音，這樣便可在一間狹小的房間內獲得相當大的聲場感。

由於訊號的延遲與響度之間存在圖(124)所示的關係，即以50mS爲界限，效果大不一樣。



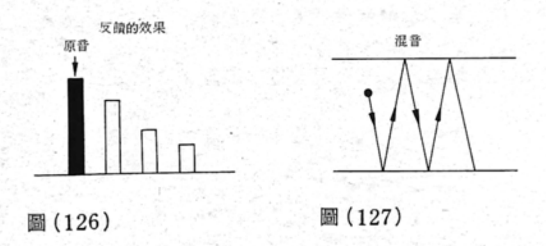
圖(124)

從聲源發出直接到達耳朵的聲音稱爲直接聲，從牆壁反射進入耳朵的聲音稱作反射聲，不過延遲方式的環繞立體聲也有人認爲是模擬它的（見圖(125)）。



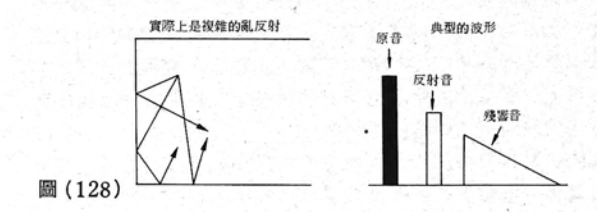
圖(125)

當然這種反射不是一次完成的，所以在延遲電路中加上反饋也可以得出圖(126)所示的聲音，一經放到房間裏就形成圖(127)的混音效果，這在禮堂等場合是有害的。



圖(126)　　圖(127)

實際上原來的聲場並非如此簡單，而是在地板、牆壁、天花板等複雜反射而發出的，故多含有混響聲。如圖(128)。



圖(128)

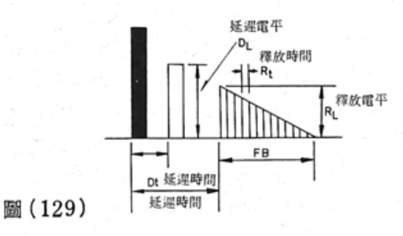
雅瑪哈（YAMAHA ）公佈的聲場處理機是應用數字信號處理機再現實際聲場的，一對它進行試聽，就覺得它確實具有以前的延遲方式不可比擬的再現力和創造力，這是他充份利用了在各地禮堂等對混響進行實際分析的結果。

但是在再現性方面還是存有問題的，這是因爲作爲訊號源的唱片、錄音帶中已含有混響成份，在聆聽的房子裏也存在特有的混響。其中還夾雜着處理機的混響，故不能完全再現。

不管怎樣，似乎聲場處理機的魅力就在於能產生臨場感、聲場感，也就是可以用各個參數控制聲場。

與延遲或混響沒有直接關係的揚聲器矩陣方式也能產生意外好的環繞立體聲效果，這一點也應引起注意。

圖(129)所示爲下邊將要敍述的環繞聲立體聲處理機的情況。基本參數爲：D_L（一次反射電平），D_t（從直接聲發出一次反射聲前的時間），R_L（混響聲電平），R_t（混響聲循環的時間，混響聲的分度大小），F_B（混響的長度）。

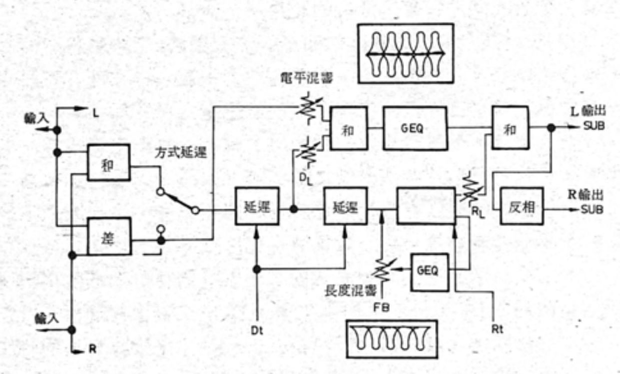


圖(129)

此外，還有反射聲的音質（用五個頻率測試點確定由於反射的牆壁的材料和形狀等形成的頻率特性），混響的音質（用五個頻率測試點確定由於牆壁的材料等產生的衰減；實現由於頻率不同而產生的混響時間不同）；方式（從L、R兩個聲道的信號之和得到混響波形的PRESENCE方式）；從L、R兩個聲道的訊號之差得到混響波形的環繞立體聲的轉換；在反射聲中增加L、R兩個聲道的訊號差成份的△電平。

圖(130)爲本製作的原理框圖，但內部採取單聲道方式以便系統得以簡化。這種方式的不良效果意外地小，相反，其擴展感比立體聲處理更穩定，效果更好。

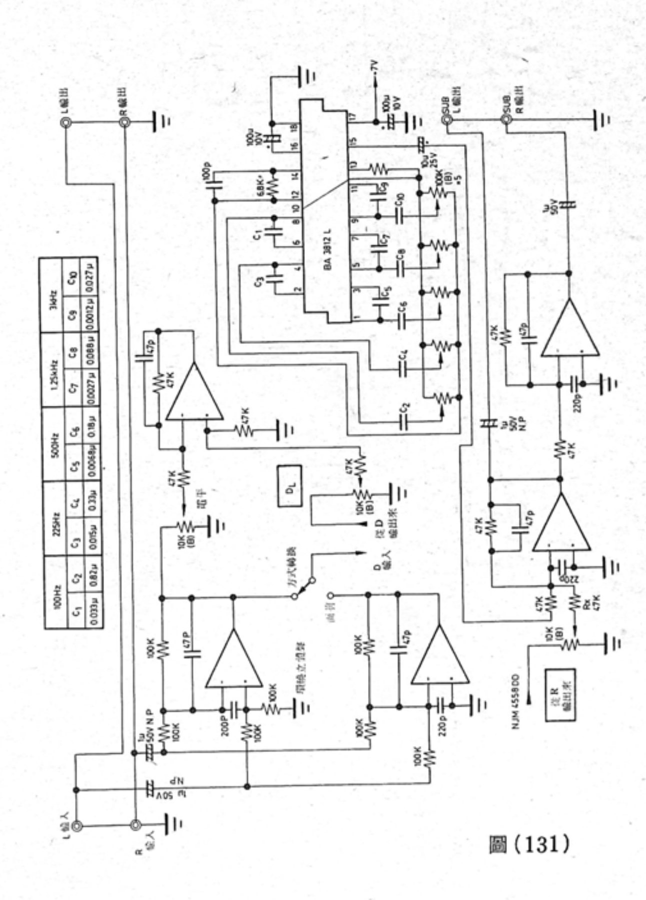
在處理輸出（SUB L,R）中，以反相方法形成雙聲道。這種技術適用於錄音和電子樂器等具有合唱效果的裝置，因此通過立體聲處理，其音色效果更好，聲場效果好且穩定。



圖(130)

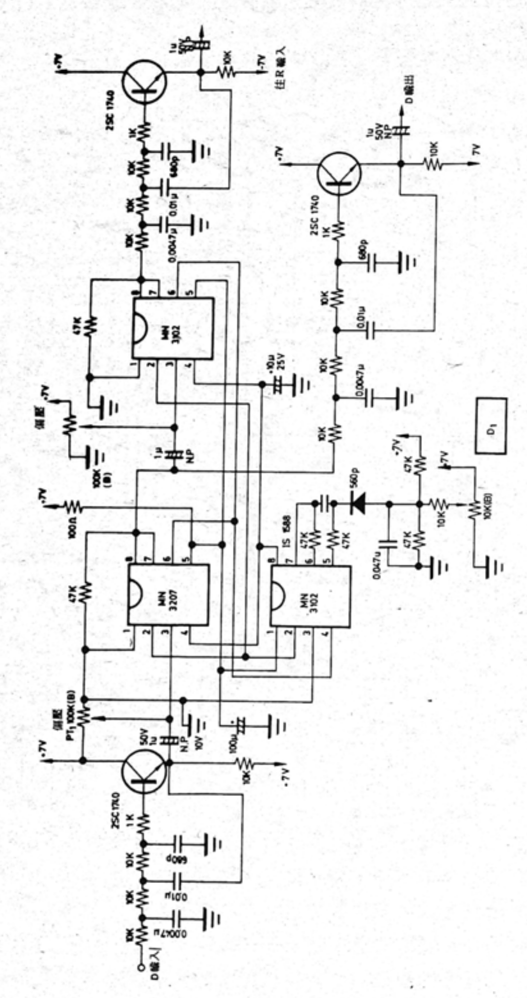
電路中，訊號首先通過L＋R和L－R產生單聲道處理系統的信號，串聯連接在延遲1和延遲2，從兩者的連接點得到一次反射波，其輸出加到混響電路上。在混響電路中加入反饋便可得到混響聲的長度（即混響時間的長度）。在五個測試點的圖示均衡器中，爲實現混響聲衰減而把反射聲和混響聲的音質設在反饋電路內，結果只在特性和衰減方向中產生作用。

圖(131、132、133)分別示出了該裝置的電路原理圖。

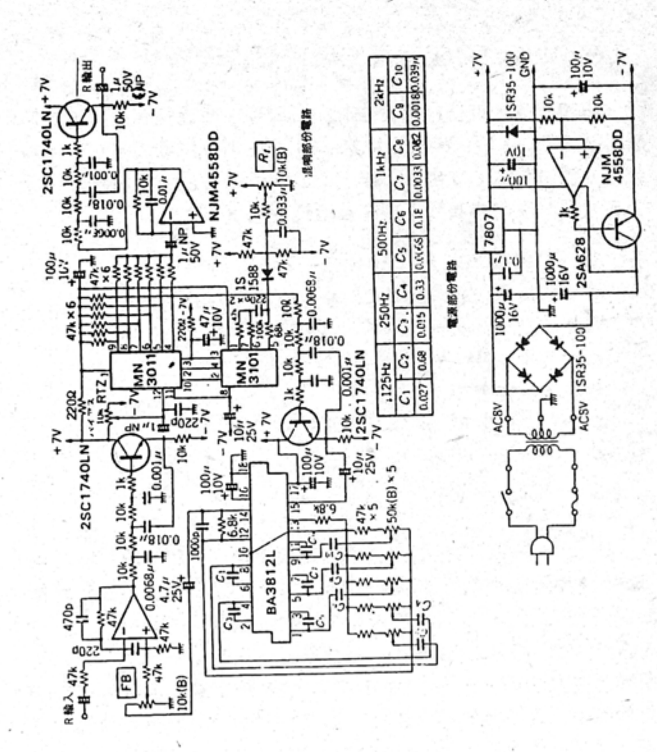


100Hz		225Hz		500Hz		1.25kHz		3kHz	
C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
0.033μ	0.82μ	0.015μ	0.33μ	0.0068μ	0.18μ	0.0027μ	0.088μ	0.0012μ	0.027μ

圖(131)



圖(132)



125Hz		250Hz		500Hz		1kHz		2kHz	
C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
0.027	0.68	0.015	0.33	0.0068	0.1E	0.0033	0.082	0.0018	0.039μ

圖(133)

2. 功能完善之環繞聲處理器

本環繞聲處理器採用最新BBD 器件，而環繞聲動態噪音抑制系統（Dynamic Noise Reduction）則採用專用 IC，此為濾除各種磁帶或 CD 唱碟之雜音而設，效果甚佳。整機設計合理因而使得其現場感甚強，主要技術特性見下：

頻率響應：20Hz － 40KHz　±5dB

前聲道總諧波失真：0.05 % 20Hz － 20KHz

環繞聲總諧波失真：少於 0.25 %

輸入電平：0.1V－3.5V

前聲道輸出電平：0.1－3.5V

環繞聲輸出電平：6.6V MAX

延遲時間：5mS－50mS

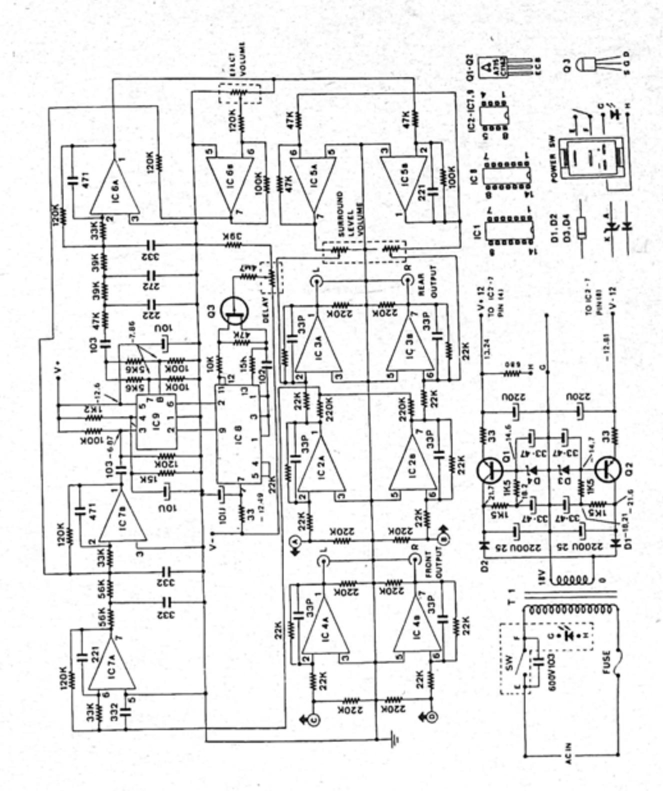
輸入阻抗：47 K

圖（134）為環繞聲處理器中之環繞聲處理電路，圖（135）則為輸入選擇開關及噪音抑制系統，圖（134）DELAY 電位器為延時控制電位器，用以控制環繞聲的延遲時間，延遲時間範圍 5mS － 50mS EFECT VOLUME 電位器為現場效果控制器，用以控制殘響效果的深度，SURROUND LEVEL VOLUME 電位器則為環繞聲電平控制器。當控制器反時針轉時，環繞聲輸出便逐漸減弱，直至REAR輸出的訊號和FRONT輸出訊號相同。

整機連接方式見圖(136)。當證實綫路連接無誤後可通電試機，將 CD、LD、VCR 訊號輸入時，各種開關應起作用。即按下環繞聲開關聲響由背面（REAR）聲道輸出，各電平控制開關起作用。反之，輸入信號由本機前面的（FRONT）聲道輸出。各電平控制開關不起作用，當按下DNR 動態噪音抑制系統開關，此系統可減低訊號中的雜音，使播放時聆聽環境更趨寧靜，更具現場感。

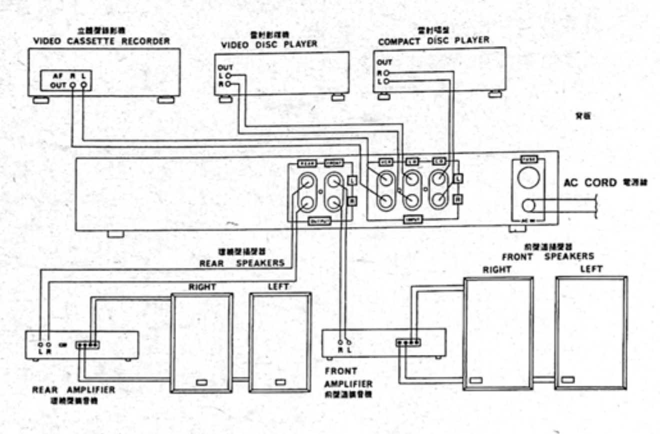
調試時可參照圖中各點電壓。

文後附整機印刷電路板圖。見圖(137)。

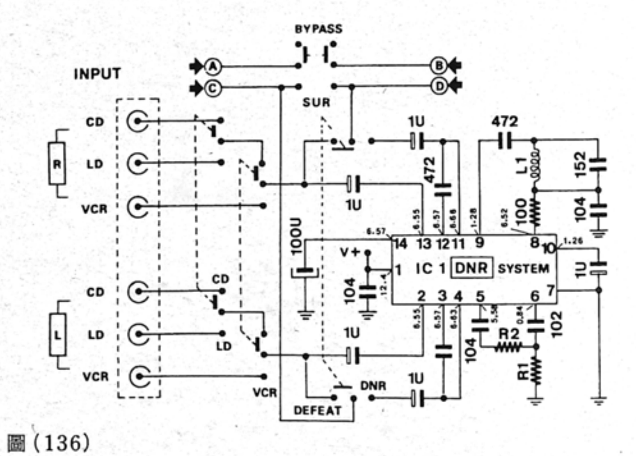


圖（134）

文中BBD時鐘運算放大器同圖（87）中所用器件相同。

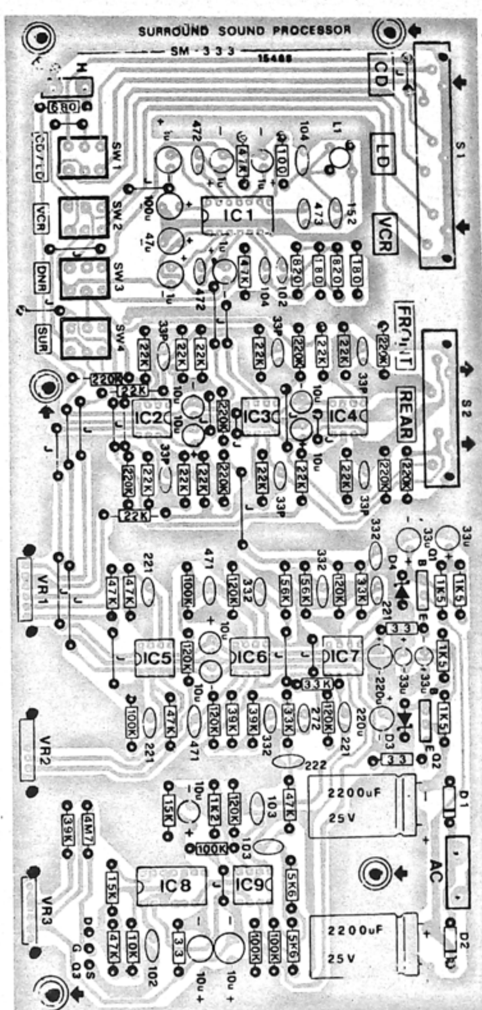


圖(135)

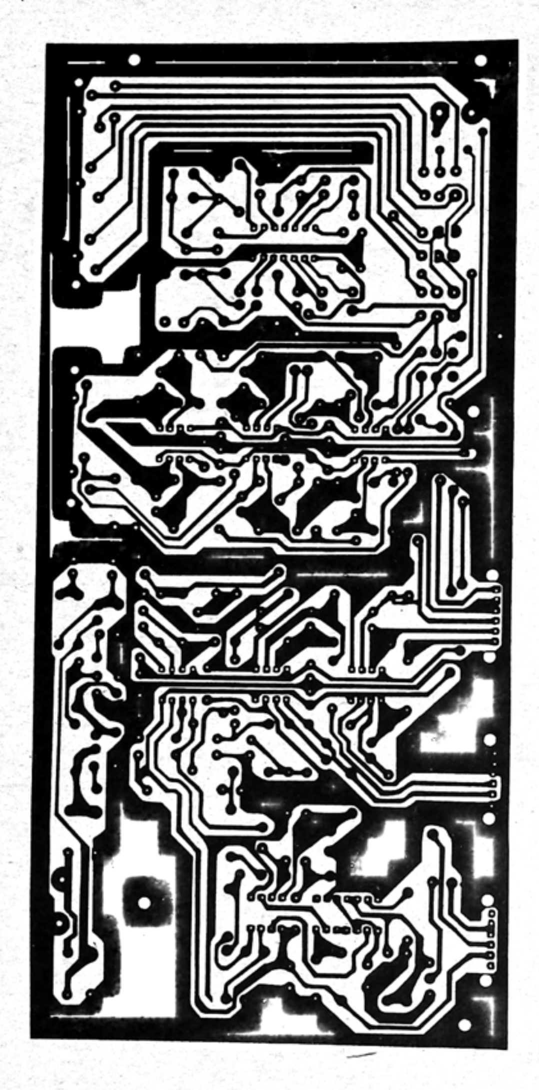


圖(136)

IC1：LM1894

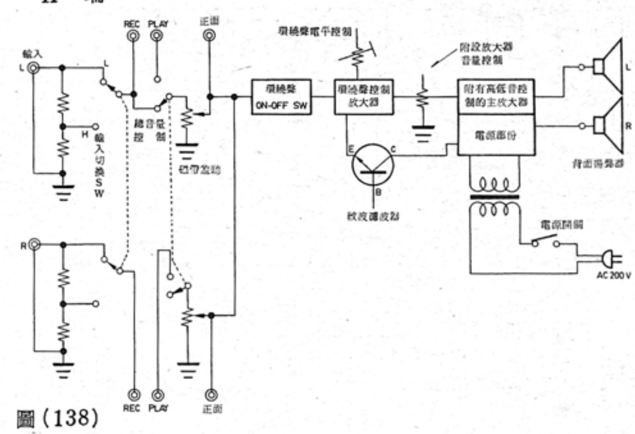


圖(137)



3. 逼眞的環繞聲放大器

本放大器的原理方框圖如圖(138)所示。由輸入挿孔進入的訊號首先通過一個輸入電平切換開關。以便能適應不同強度的輸入訊號。當輸入端接到一般前置放大級等弱訊號輸出端時，則應使用“L”即訊號不衰減，反之當輸入的訊號較強時，則切換到“H”端。

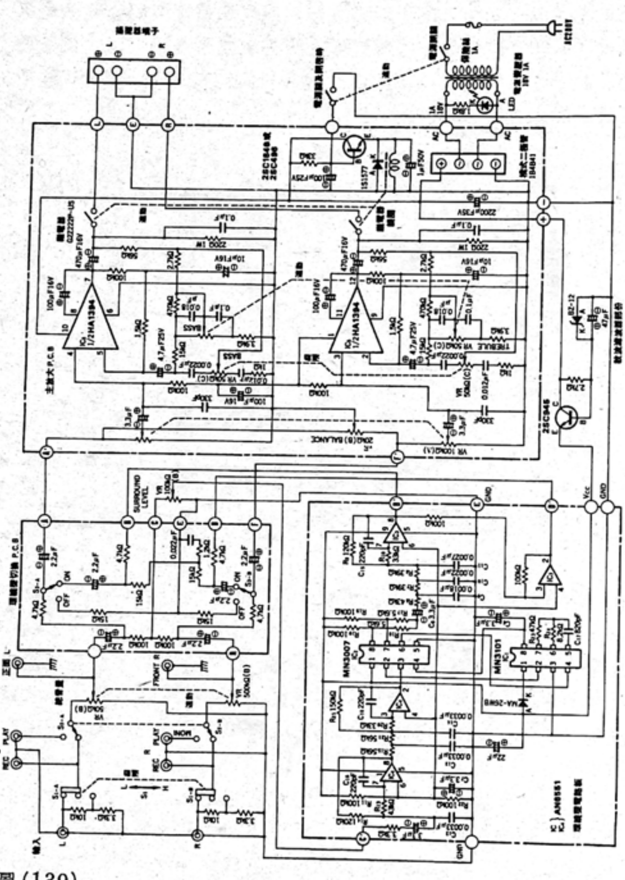


圖(138)

總音量控制電位器是爲了使此機能更好的配合原有的立體聲系統。因爲主放大器的2個揚聲器放在正面，而本機則用來驅動背面的2個揚聲器。此時兩者必須有一定的音量差，以免造成喧賓奪主的失態現象。因此應分別調整主放大器的音量和本機的電位器，找出適當的平衡點，以後只須操作此總音量控制即可同時加減兩者的音量。

在環繞聲放大器中，接通環繞聲開關之後，便可以由環繞聲電平控制電位器來加減音量。環繞聲的加入量應根據具體的樂曲內容來定，基本原則是寧少勿濫，謹愼爲佳。

圖(139)爲本機電路原理圖，除輸入選擇及電源變壓器外，整機由三部份組我。即主放大器板、環繞聲板、環繞聲切換開關板。其中主放大器爲一附有高低音控制的立體聲放大器，它採用HA1394 雙聲道功放ＩＣ，輸出功率爲８Ｗ＋８Ｗ。



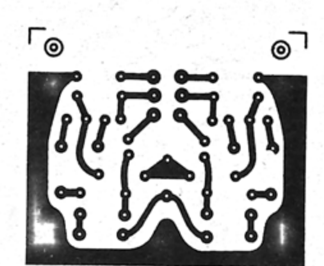
圖(139)

環繞聲電路中MN3007爲1024級BBD延遲器件（斗鏈式）MN3101爲時鐘ＩＣ。$\frac{1}{2}IC_4$，$\frac{1}{2}IC_3$ 構成低通濾波器，另 $\frac{1}{2}IC_4$、$\frac{1}{2}IC_3$ 作放大及反相。此部份基本上不用調校，如聽出有明顯失眞，可調整 R_{22} 或 R_{11} 以改變整個直流耦合電路的偏，去除失眞。

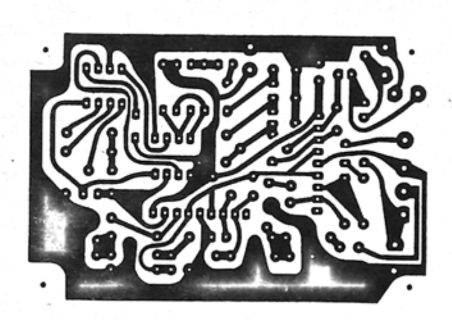
環繞聲電平控制 VR100KΩ的作用是使環繞聲的兩個輸出訊號在此處取得平衡的混合，並兼有抑制時鐘脈衝的殘餘成份的作用，一般應調節到噪聲最小。

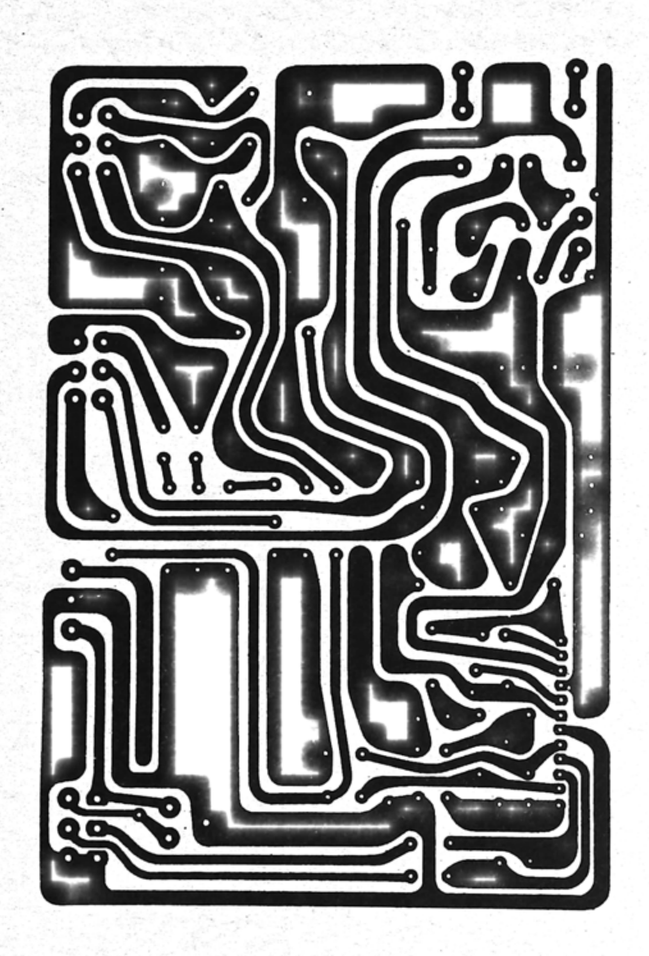
環繞聲切換電路設置的目的是爲了在不加環繞聲時此機仍可作爲立體聲放大器使用。

此機總共由三塊電路板組成。其中圖(140)爲環繞聲切換開關部份的印刷電路板圖。圖(141)爲環繞聲電路的印刷電路板圖。圖(142)爲放大器印刷電路板圖。

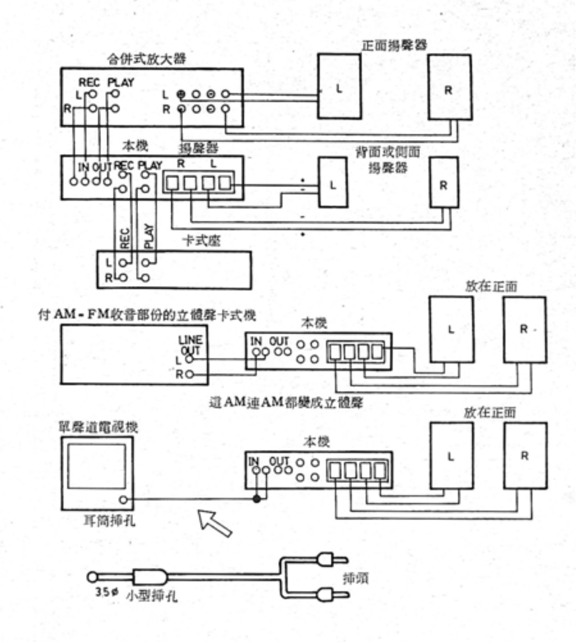


圖(140)

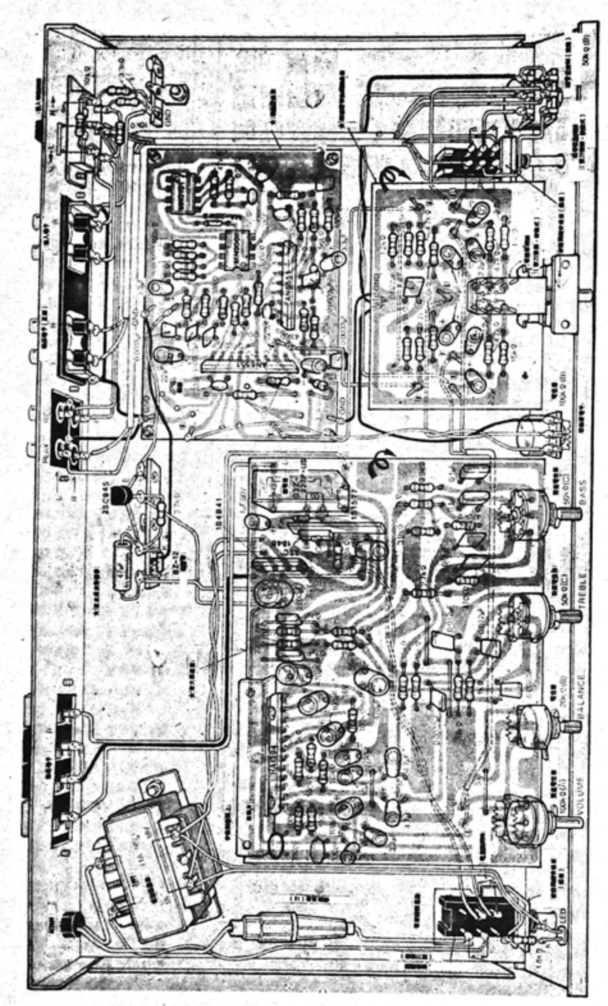




本機由於採用BBD 器件，故卽使單獨使用本機，而且只設置兩個揚聲器在正面，仍能獲得效果十分明顯的聲場感。圖(143)則給出了本機典型應用的連接圖。圖(144)則爲本機總裝圖。



圖(143)



圖(144)

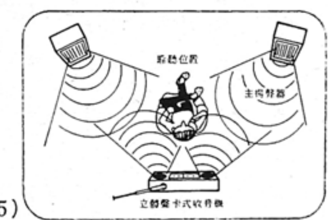
4.“無綫”式環繞聲處理機

本機利用一個變壓器取出立體聲的左右聲道信號之差，然後由FM發射機將這一信號差發射出去，並由立體聲接收機接收，從而構成一個如圖(145)的“環繞聲系統”。

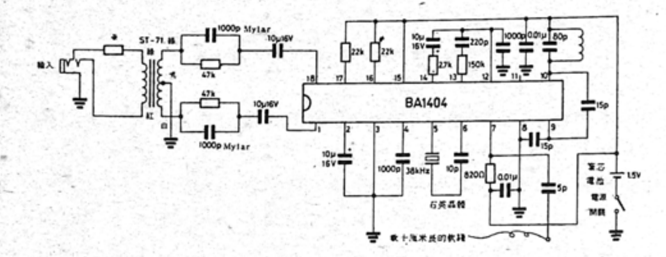
該裝置的電路如圖(146)，BA1404本身即可構成一個FM立體聲發射機。其內部結構原理圖見圖(147)。由於此IC功能較齊，故其外圍元件很少。

工作時左右兩路信號由100K雙聯電位器拾取信號後，由IC的①腳、⑱腳進入內設的預加重電路，此信號經放大後，送到MPX多路傳輸電路與導頻信號組成FM信號，並由7腳發射出去。其頻率由LC的數值而定。

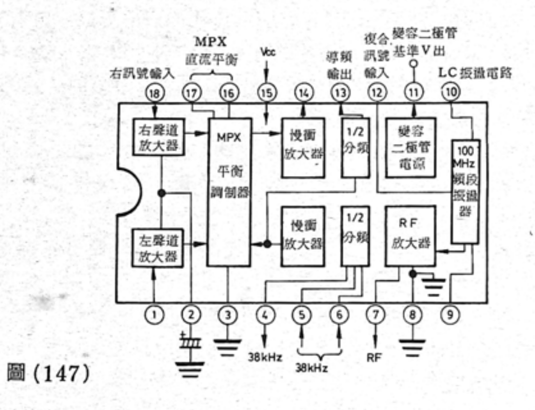
該裝置採用38KHz的石英振子，綫圈L採用ϕ0.5mm鍍銀銅綫在一個ϕ3mm的圓棒上繞5圈。檢查接綫無誤後，即可接通電源開關，然後轉動FM立體聲收音機的調諧旋鈕，試接收本裝置所發射的FM信號。如整個刻度都搜尋不到本機發出的FM信號，可用一個小竹片將L拔長或壓縮，再行搜索，收到之後再仔細調整一下L_1以便使接收處於最佳狀態。當然也可在不加立體聲信號的情況下進行調整，步驟是將FM接收機旋到無電台處，調節L_1的磁芯，直到接收到的“流水聲”消失爲止，此時在本裝置輸入端加上信號，此時FM接收機的立體聲指示燈應亮，表明製作成功，如本機發出的FM信號與當地FM電台發出的信號重疊時，可適當調整一下L_1即可避開。



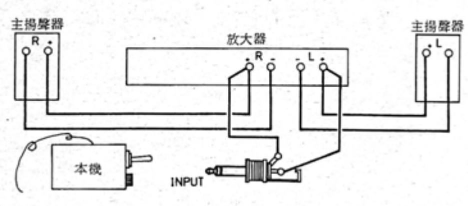
圖(145)



圖(146)



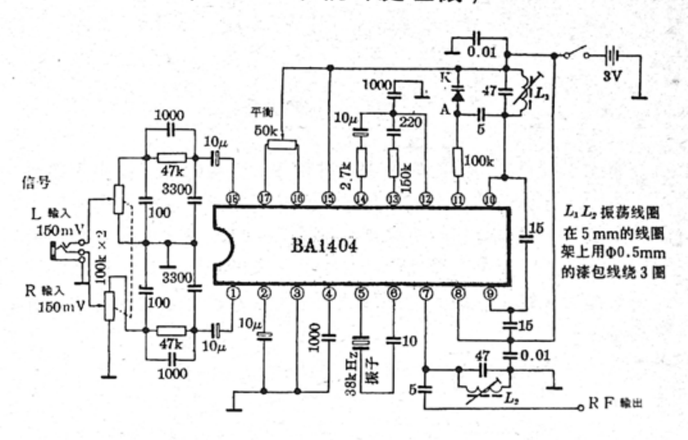
圖(147)



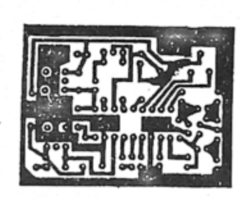
圖(148)

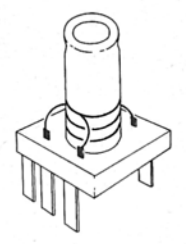
調試完畢後，即將L、R信號如圖(148)樣送至本機並可按圖(145)樣佈置從而舒適的欣賞環繞聲的神韻。

5. FM立體聲無綫電發射機
（“無綫”環繞聲處理機）



內中變容二極管（ISV50）可採用電視機電子調諧高頻頭中的變容二極管。



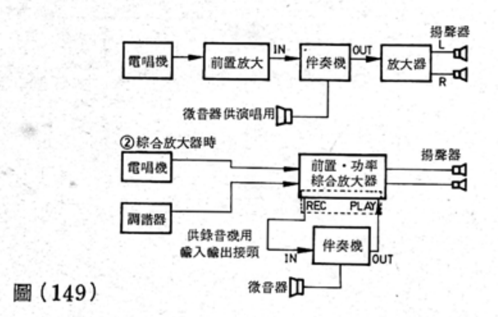


第七節："卡拉OK"

"卡拉OK"伴奏機

"卡拉ＯＫ"即把訊源中（磁帶）的人聲部份（指主唱部份）去除，而保留伴奏音，另加進自己主唱的聲音。使你有幸作爲"歌星"。實際運用時，除接駁卡式錄音機外還可採用立體聲廣播，立體聲唱片，立體聲伴音等音樂訊號源爲你伴奏，然後錄下一盒聲帶，寫上你的大名，題之"×××金曲"字樣，勢必別有情趣。

"卡拉ＯＫ"之配接圖見下圖(149)。

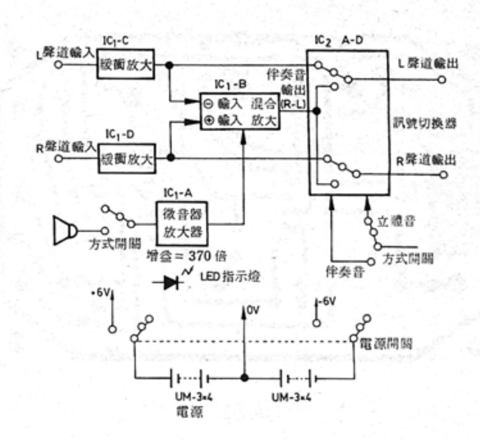


圖（149）

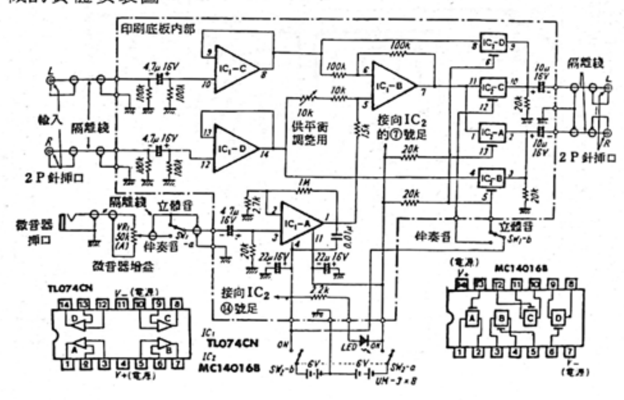
1. "卡拉OK"伴奏機之一

當L、R訊號（磁帶）進入後，通過L－R或R－L，將L與R等量進入的歌聲的聲音去除，而僅留下與L、R不同形式（電平及時間性的誤差）的訊號（伴奏音），這就是本機的設計原理。

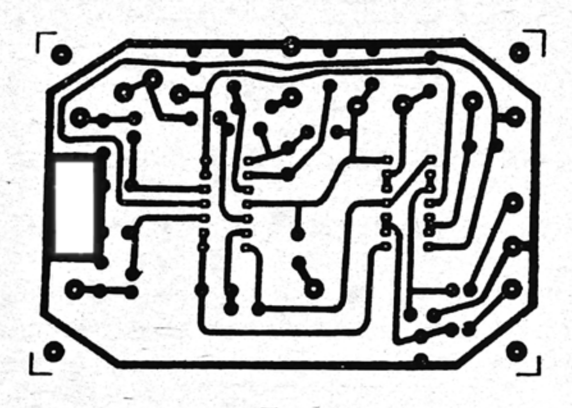
圖(150)爲本機的原理方框圖。



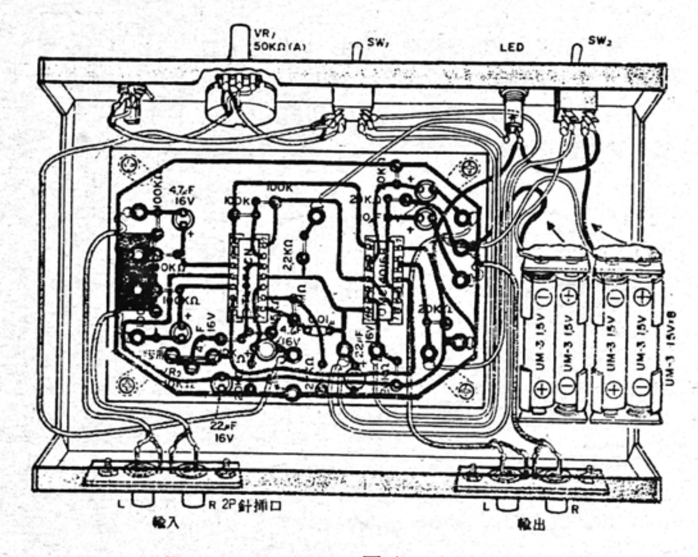
圖(151)爲該機的電路圖。圖中IC_1-C、IC_1-D爲緩衝放大級，IC_1-B完成R、L的加減運算，以至混合。IC_2則爲電子開關用於訊號的切換。圖(152)爲印刷電路板圖。圖(153)爲本機的實體安裝圖。



圖（151）



圖（152）



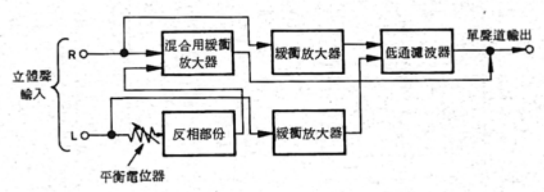
圖（153）

調試時，可先將開關置於立體聲處，接通電源，此時ＬＥＤ應亮，稍後揚聲器有聲，此時與不接本機時的音質對比一下，聽有無失眞。如無即表明ＯＫ。

爾後輸入某音樂訊號，即左右相同的訊號，此時能收聽中波廣播固然很好，如不帶收音機的話，可使左右的輸入接頭短路，製作一點相同的訊號。隨後將開關撥至伴奏音處，此時聲音一定變小，這是由於單音訊號被減法處理的結果。不過聲音並未完全消失，此時可旋動 VR_2直到聲音完全消失爲準。一切ＯＫ後，再把輸入訊號撥至立體聲處，此時明星的歌聲勢必消失，只剩下帶有回音意味的樂器演奏的聲音，此刻你即可引吭高歌了。

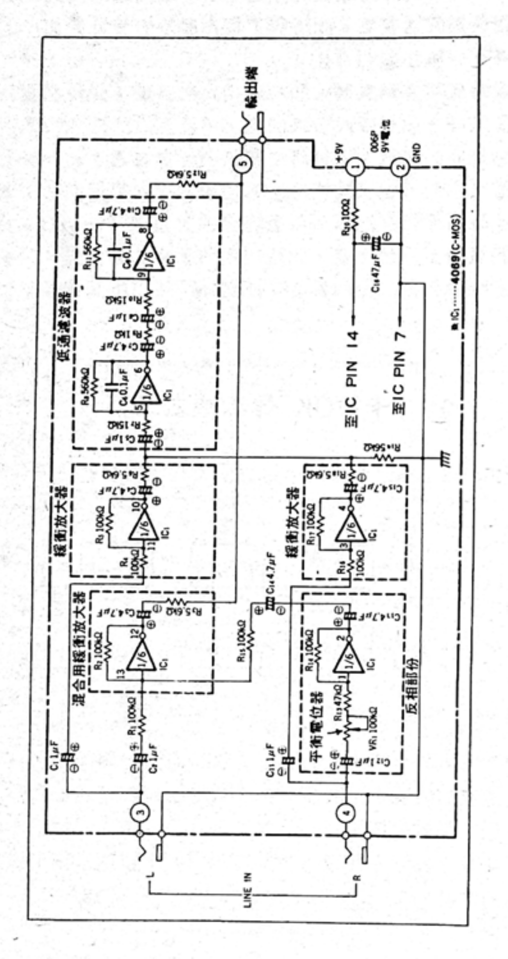
2．“卡拉OK”伴奏機之二

圖(154)爲本機原理框圖。圖(155)爲伴唱部份電路原理圖。



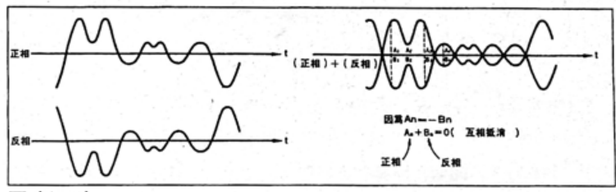
圖（154）

圖中可見來自輸入端的右聲道訊號經第一個反相器後，即變成相位相反的訊號，再將此反相訊號送往左聲道的輸入端，使之與左聲道的聲音訊號混合。結果左、右聲道之中的相位本來相同的人聲部份（歌聲）便會互相抵消，只剩下相位本來不同的樂器演奏聲的訊號。



圖(155)

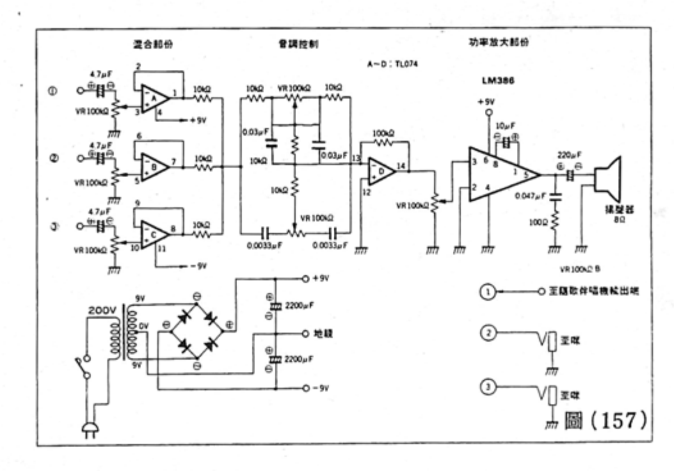
據了解：現時錄音，歌唱所處位置多爲兩個錄音話筒的中點。當位於中點時，左右聲道電平剛好相等，“卡拉ＯＫ”可完全抵消原歌聲，如歌星處於游動狀態，則抵消就沒有那麼徹底了。故設一個平衡用的電位器，用以改變右聲道的音頻訊號輸出電平。抵消原理見示意圖(156)。



圖(156)

當然，由於低音沒有方向性，因此在錄音時左右聲道的話筒所接收到的波形完全相同，故低音部份也可能抵消掉，所以，必須從原來的輸入訊號中取出低頻成份，另外將其混入已消去人聲的音頻訊號中。

圖(157)爲混合及輸出部份電路圖。



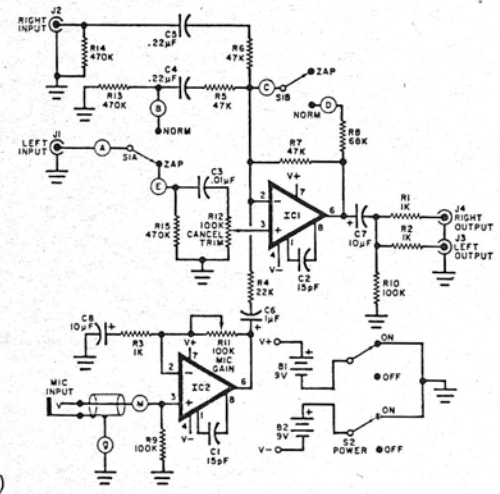
圖(157)

應引起注意的是平衡電位器的調整必須隨時根據歌曲的特點加以修正。

安裝檢查無誤時，可在抽孔中插入錄音機ＬＰ唱盤或ＣＤ唱機等的輸出，即可按自己的意願調整，從而嘗試一下當“歌星”

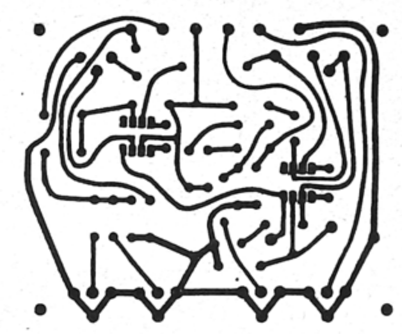
3.“卡拉OK”伴奏機之三

圖(158)爲一完整的“卡拉ＯＫ”電路，該電路由 IC_1 和 IC_2 加其外圍元件構成。其中 IC_1 構成主唱聲音消除電路，將左、右聲道分別送到 IC_1 的同相和反相輸入端，使主唱聲音信號（共模信號）反相相加而抵消。同時，由於在同相輸入途徑上串有一濾波器，使得有一聲道的低音信號不會被送入 IC_1（低音信號也是共模信號）。因此，即消除 160 Hz 以上的共模信號，又保留了低音信號。IC_2 則構成增益可調式麥克風放大器綫路。

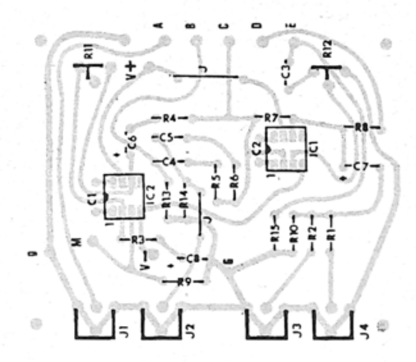


圖（158）

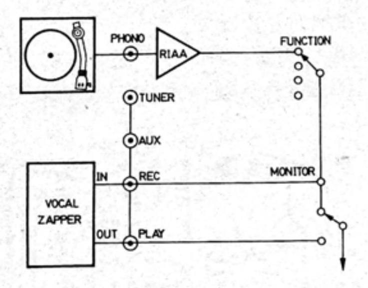
圖(159)爲該電路的印刷電路圖。
圖(160)爲零件位置圖。
圖(161)爲系統配置圖。
圖(162)爲全機接綫圖。



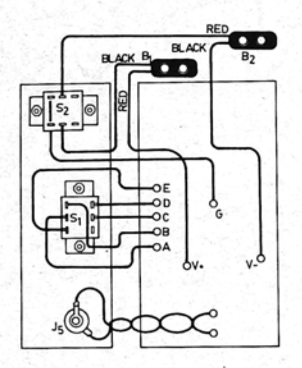
圖（159）



圖（160）



圖（161）

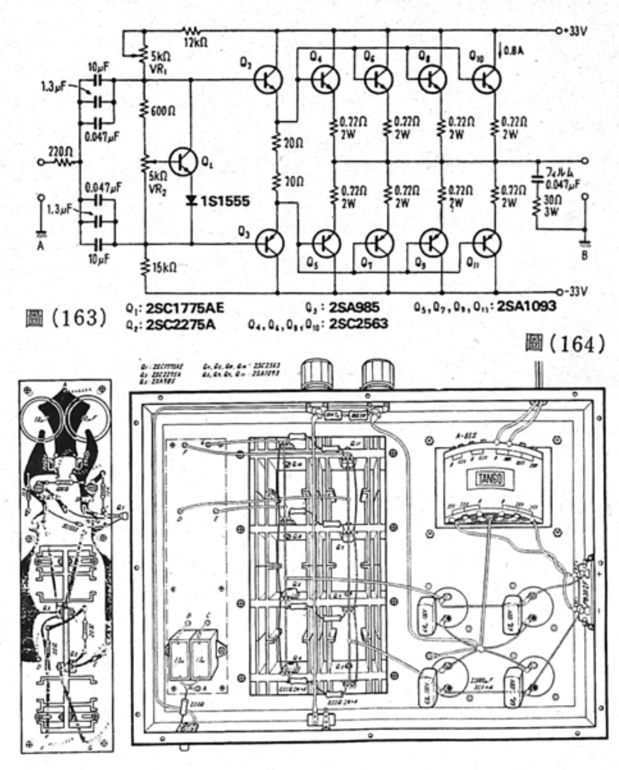


圖（162）

第八節：功率放大器

1. NO-NFB A級100W（4歐）功率放大器

圖(163)爲電路圖。圖(164)爲印板及實體裝配圖。



圖（163）

圖（164）

2. 300W HQ低失眞後級擴音機

本機綫路爲一優良的互補平衡式輸出電路。見圖(165)示。前級放大採用超低噪音的ＦＥＴ輸入運算放大器及兩級推動至平衡輸出，功放部份採用四枚RCA 公司出品的高速強力功率放大管作爲輸出電路，使本機擁有強大輸出功率而總諧波及瞬態互調失眞降至最低點。故音色清澈通透，低音強而有力，全音域均有極高之分析力，眞實感強。（頻響 10Hz－20Kz）失眞度0.05%。

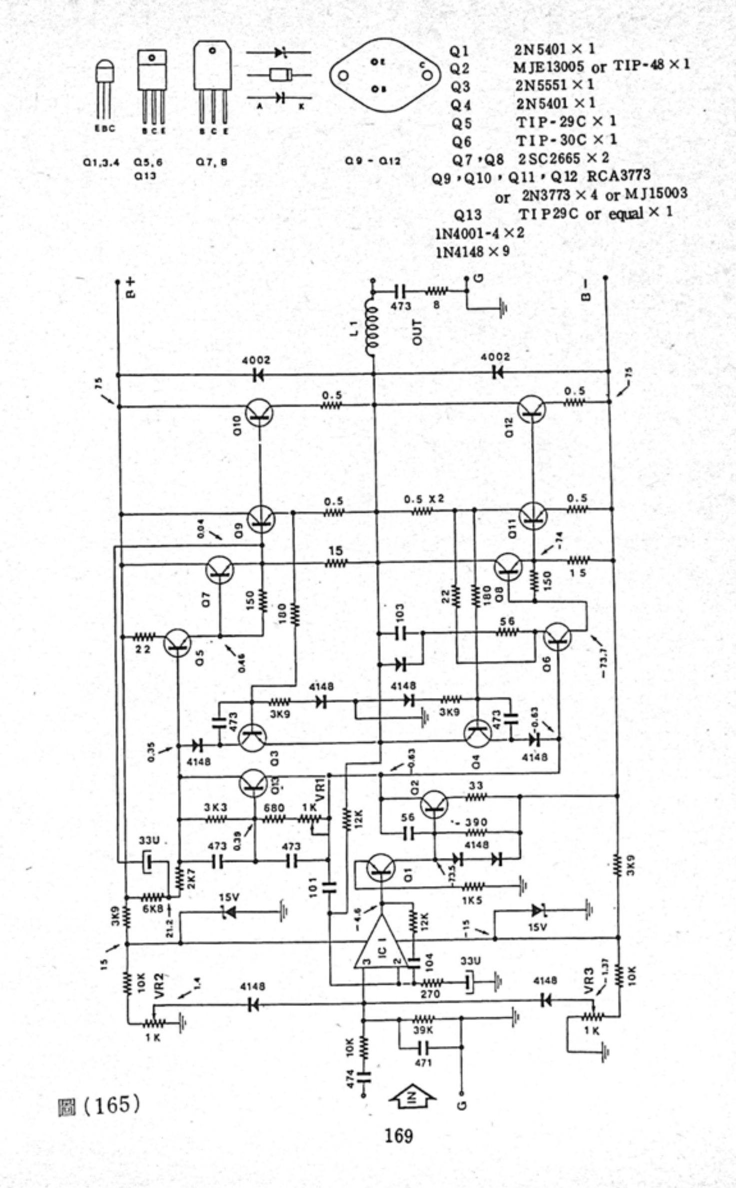
調試時將V_{R1}調至（L）位置（低阻端），V_{R2}、V_{R3} 調至（－）位置，並在V_-處接上一只5 A的保險絲，將萬用表撥在DC 0.25 A檔，紅表筆接在近V_+ 的一方保險絲腳上，黑表筆則接在保險絲的另一腳上（即將表串接在V_+ 保險絲座上）此時接通電源，調節V_{R1}使電流表讀數爲50～80 mA 左右，然後斷開電源，將V_+的保險絲安裝上。再次接通電源，將萬用表撥至DC－50V檔，萬用表一只表筆接在輸出端，另一只表筆接在0V地綫上，調節V_{R2}、V_{R3}使萬用表的讀數在±0.5V 以下，這時本機已調校妥當。

如當調校V_{R1}不能調至50～80 mA 的電流時，可檢查Q_{13}及連接在Q_{13}的電阻回路是否開路或短路。

如調校V_{R2}、V_{R3}不能調至輸出電位爲最低電壓，可檢查V_{R2}、V_{R3}的偏壓電路是否平衡，或Q_1、Q_2、Q_5、Q_6 晶體管是否有漏電，可參照圖(165)綫路中給出的電壓值進行調試檢測。

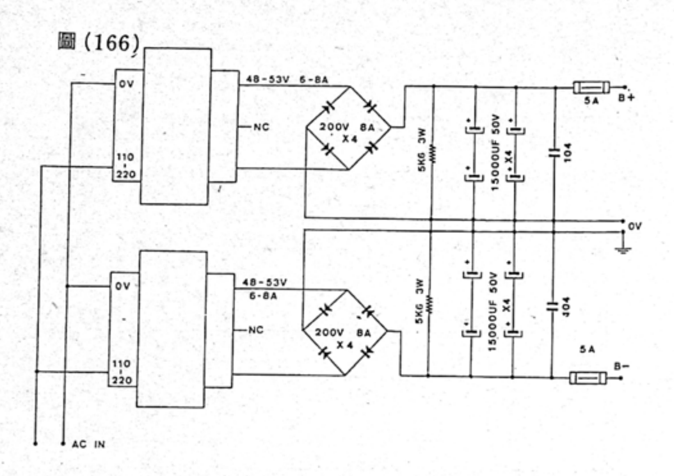
當手中無可輸出±60～75V 8A 的變壓時，圖(166)與圖(167)給出了二種方案。

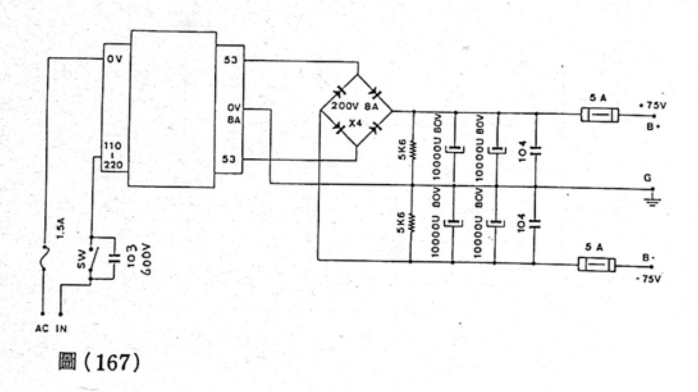
圖(168)爲該機的印刷電路板圖，圖(169)則爲總裝配圖。



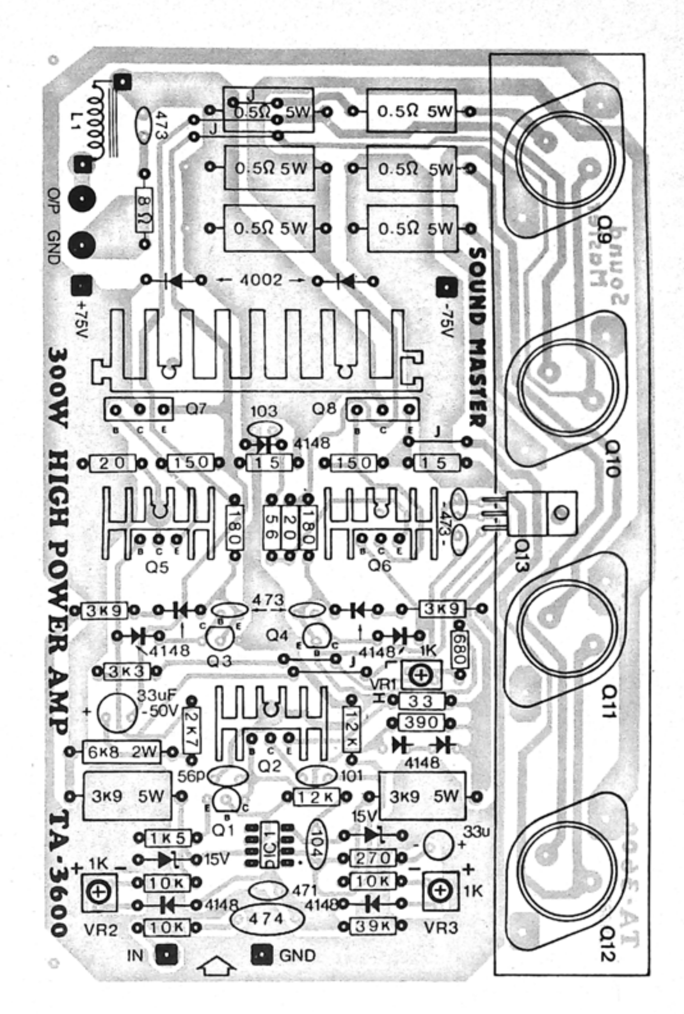
圖(165)

圖(166)

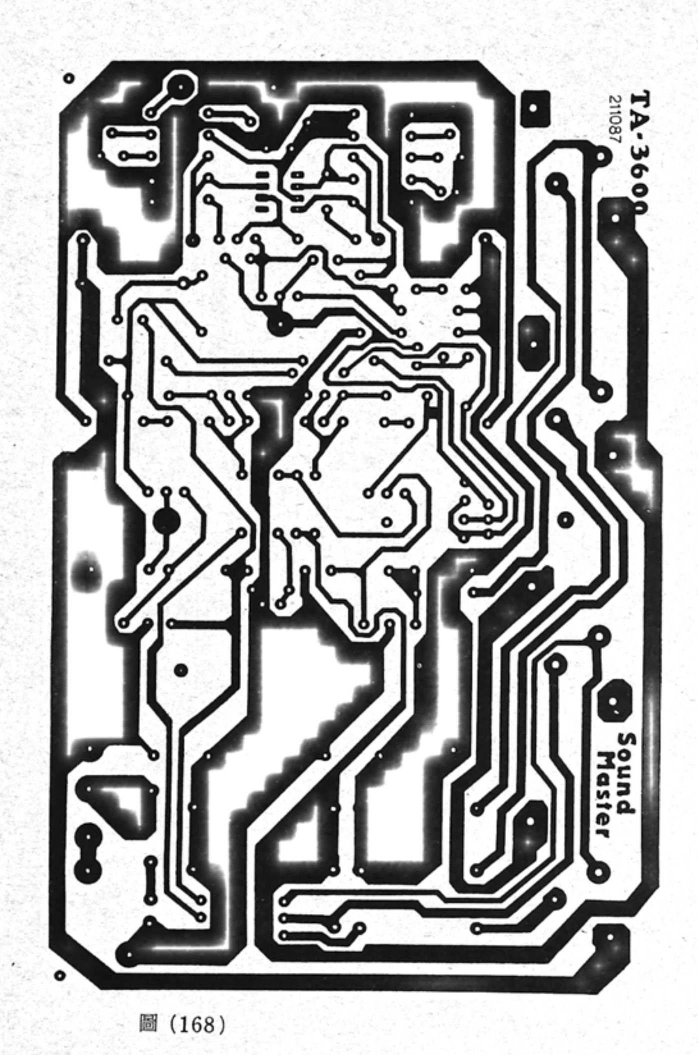




圖(167)



圖(168)



圖(168)

圖(169)

3. NO-NFB 0dB全A類100W功率放大器

圖(170)為NO-NFB 0dB 功率放大器電路原理圖。“發燒友”的理論認為從改善音質出發，應盡量減少放大器的負反饋量，提高增益，而且揚聲器的電動勢不會影響前級。而本機正是由此而設計的。該放大器有良好的頻率響應特性，以－3 dB衰減點為準，只用這部0 dB功率放大器的時候，該點在610 KHz處（採用輸出阻抗為600 Ω的訊號發生器輸入）；加上前置放大器之後的總頻率響應特性為470 KHz。由於無負反饋，失眞小於1 %。故該機解象力極高，音質一流。

為保證功率放大器淋漓盡緻的發揮，對器件有以下要求：輸入端耦合電容器採用聚丙烯薄膜電容器。

橋式整流器使用速復二極管。每一電解電容上都並聯一個聚碳酸酯薄膜電容器（2 μF / 250V）。

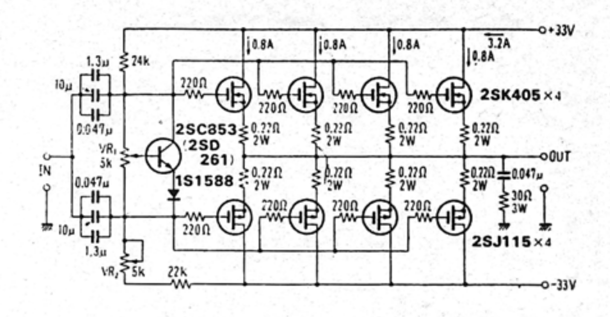
0.22Ω/2W的源極電阻為TAF 2J型鉭質電阻，30Ω/3W也是TAF型鉭質電阻。

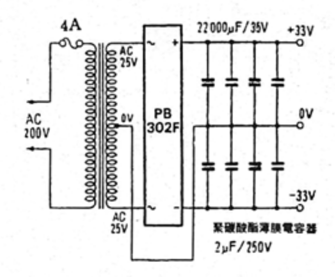
揚聲器的接綫端子用OFC無酸銅質鍍金的產品，電阻甚小。

調試時，先將2只5 KΩ的電位器置於中間位置並開機，調整V_{R1}使場效應管源極上的0.22Ω電阻兩端有0.176V的直流電壓降即可。然後調整V_{R2}使揚聲器端子上的對地直流電壓等於0 V。

另電源變壓器一定要保證有足夠的功率儲備。

本級採用4 Ω負載。



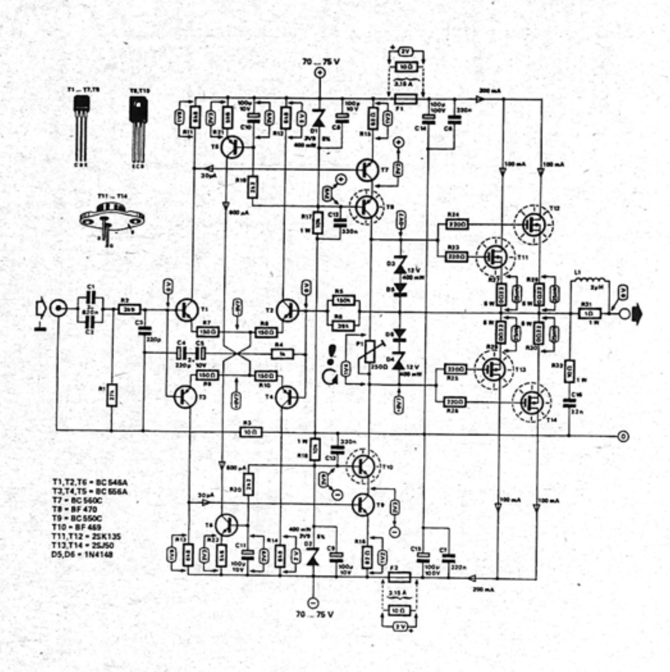


圖(170)

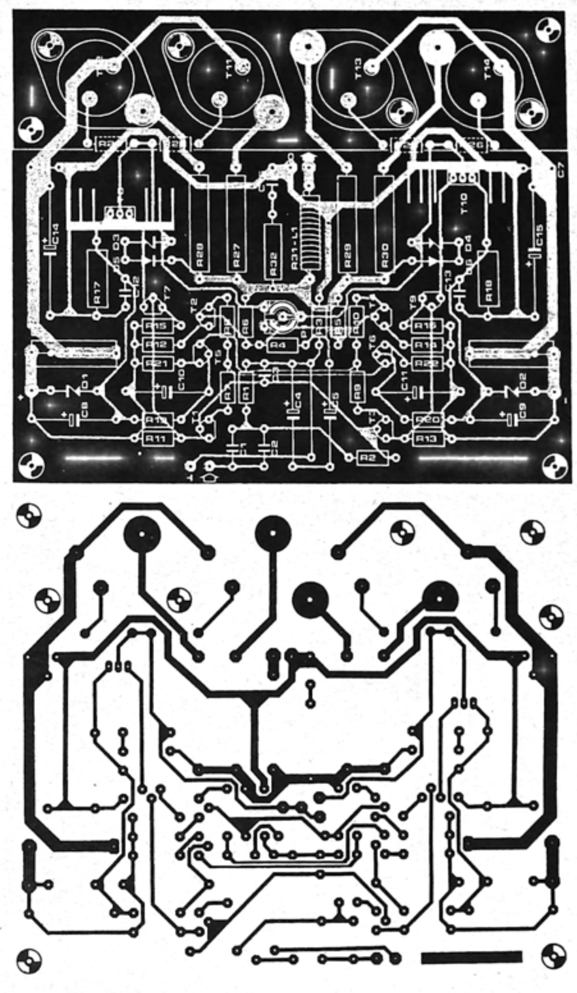
4. MOS-FET大功率（140W）功率放大器

圖(171)爲電路原理圖。圖(172)爲印刷電路板及安裝圖。

*頻響　4Hz－160KHz　＋0／－3 dB



圖(171)



圖(172)

5. 145W/8Ω、225W/4Ω 大功率MOS FET放大器

圖(173)爲該機電路原理圖。主要技術指標：

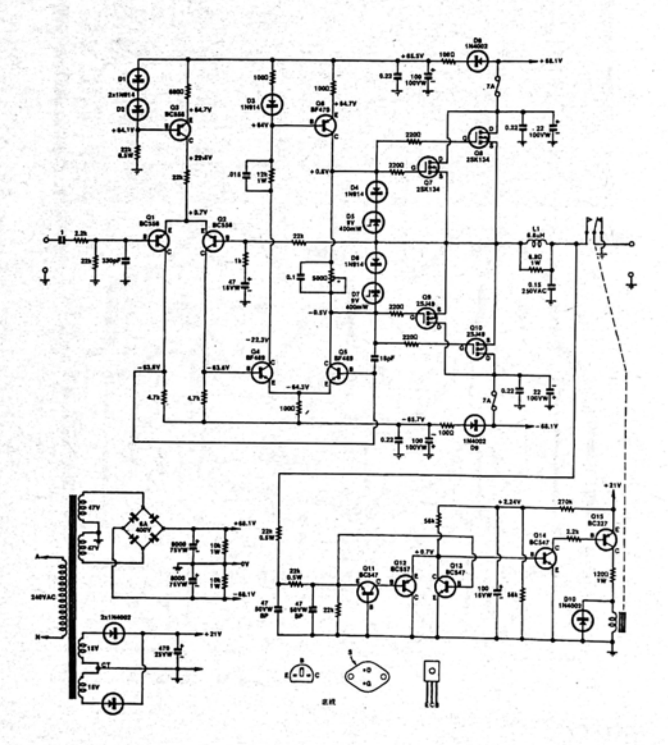
功率輸出：225W/（4Ω負載）145W/（8Ω負載）

諧波失眞：滿度功率下＜0.02％

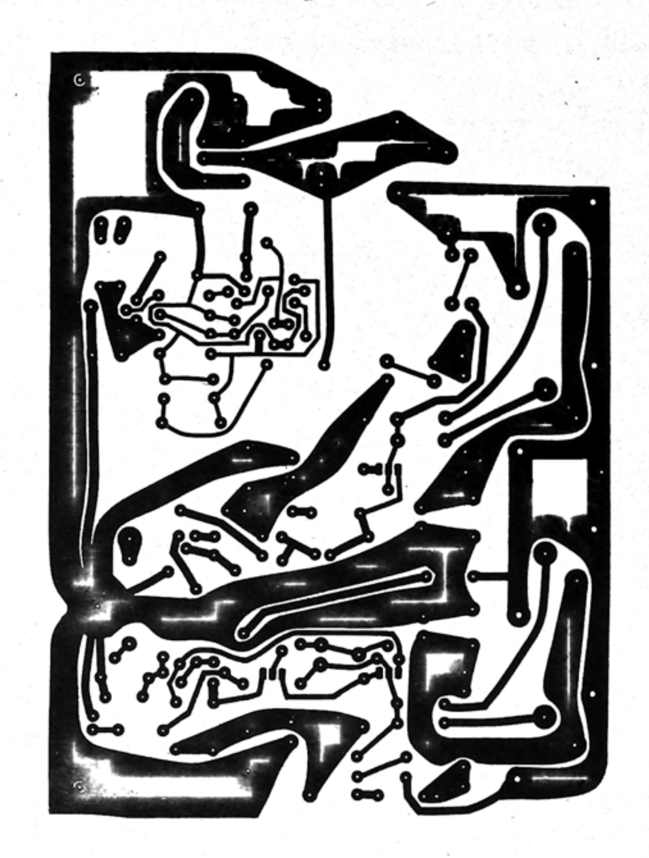
頻率響應：3 Hz－140 KHz

交流聲與噪聲：在輸入無負載下以145W/8Ω爲參考爲-116dB。

圖（173）



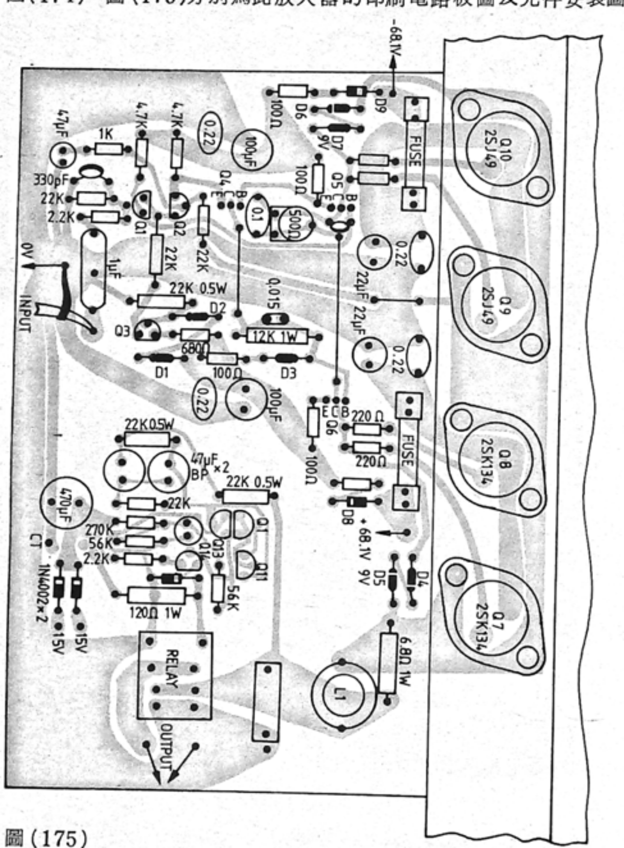
L_1用ϕ1mm漆包綫在11mm的塑料框架上繞24.5匝製作，繞綫分3層。4個MOS 管應用雲母墊片和塑料襯套與散熱器隔離。



圖（174）

當確認該機整流器處電容充份放電完畢後可着手調整輸出級的靜態電流。先將 500Ω 微調電位器反時針方向轉到底並接通電源，調整該電位器以使萬用表的讀數爲 100mA 。（此時萬用表串接在負電源保險絲座上 1 A電流檔），調試好後將保險絲安上。

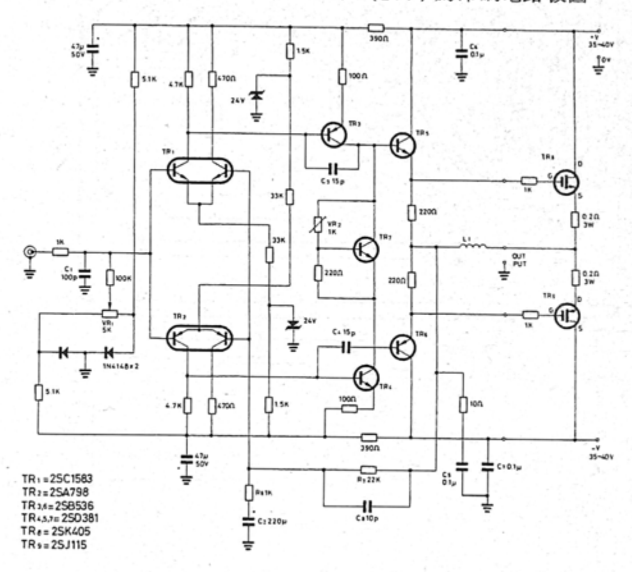
圖(174)、圖(175)分別爲此放大器的印刷電路板圖及元件安裝圖。



圖(175)

6. 全對稱MOSFET功率放大器

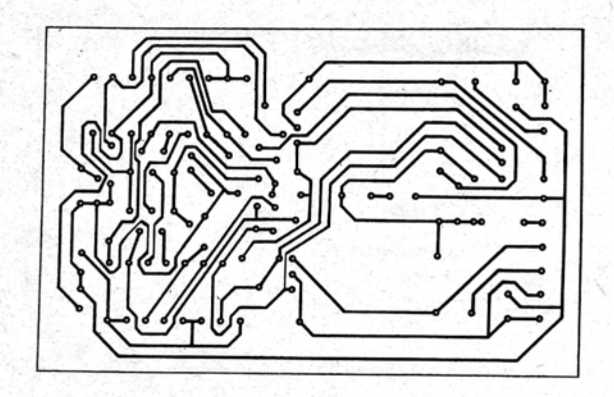
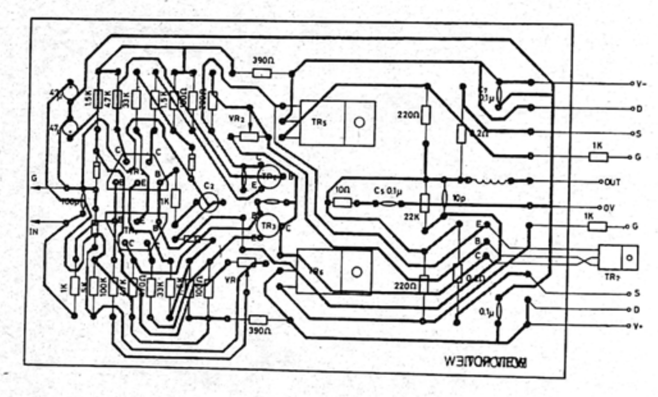
圖(176)爲功率放大器原理圖。圖(177)爲印刷電路板圖

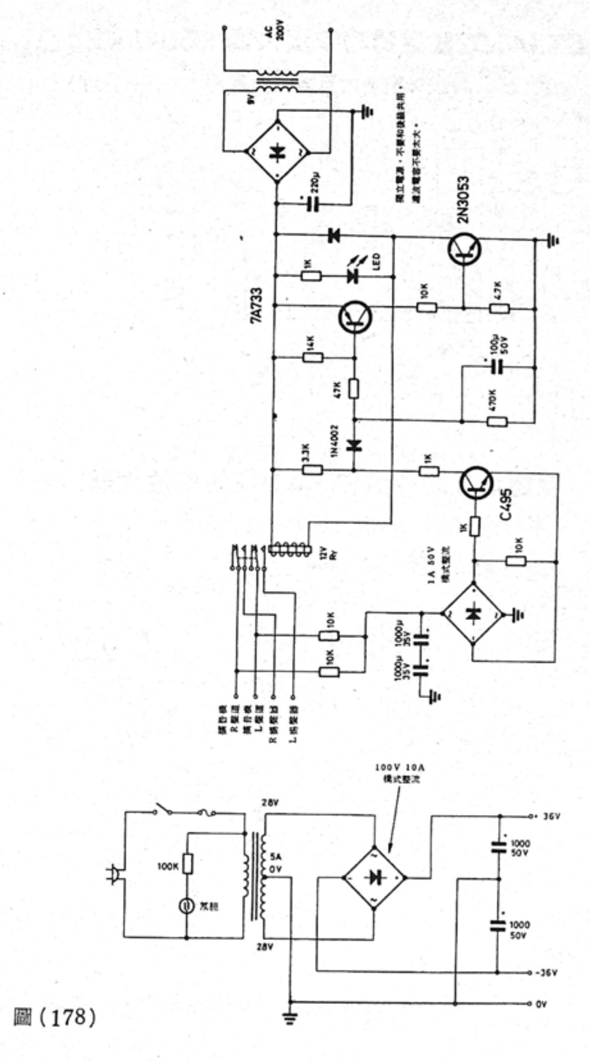


圖(176)

調試時，經查電路安裝無錯誤後，接通電源，輸出端暫不接喇叭或任何負荷。用萬用表測量輸出端與地之間，正常應爲 0 V 。如有偏差可暫將 C_2 短路，調 V_{R1} 使輸出接近 0 V ，隨後恢復 C_2 原樣。另無輸入訊號時調 V_{R2} 使靜態電流爲 60～65 mA（萬用表電流檔串入供電回路）。圖(178)爲電源供電電路圖

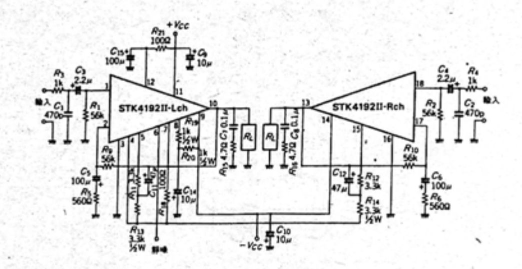
該放大器頻率響應 3Hz－100KHz ±3dB。1KHz時失眞爲 0.05％。



圖 (177)


圖 (178)

7. STK4192雙聲道功率放大器（50W×2）

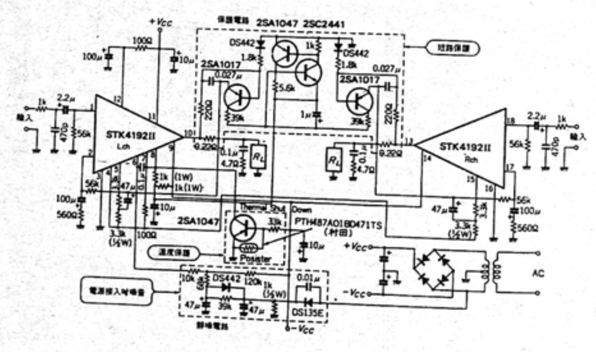
圖(179)爲該功率放大器電路原理圖。



圖(179)

8. 保護功能齊備的STK4192功率放大器

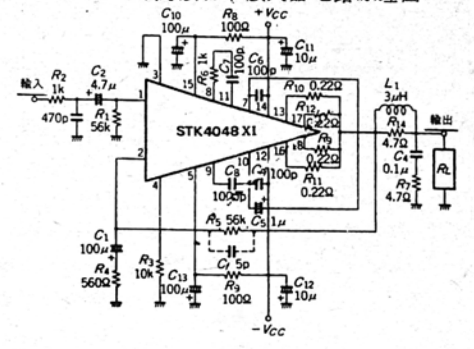
圖(180)爲該功率放大器的電路原理圖。



圖(180)

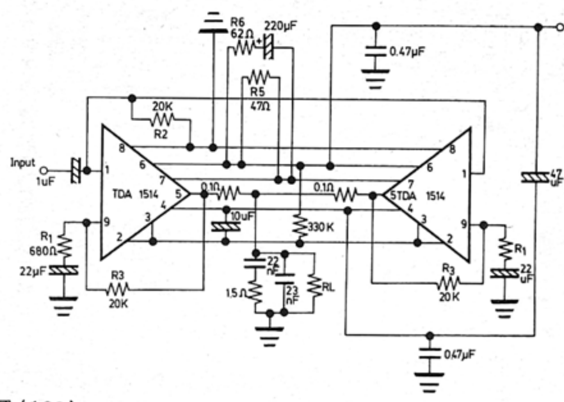
9 用STK4048組裝的150W功率放大器

圖(181)爲該功率放大器電路原理圖。



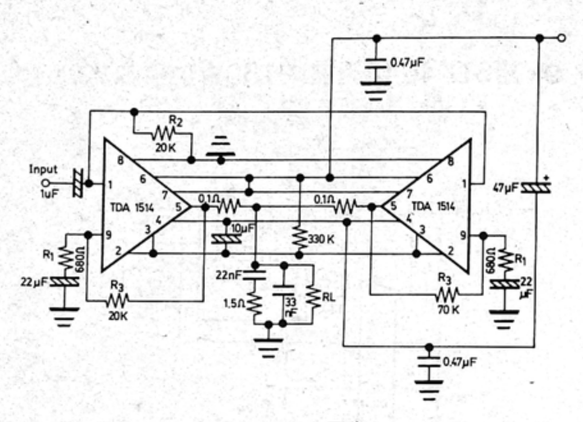
10. 採用TDA1514的70W Hi-Fi功率放大器

圖(182)爲其電路原理圖。圖(183)爲其印刷電路板圖。

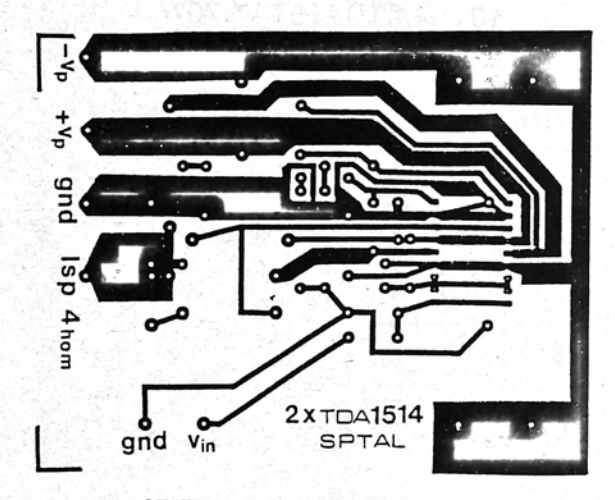


圖(182)

帶自舉電路



圖(182)　　　　不帶自舉電路



2X TDA1514並聯應用印制板

圖(183)

主要技術特性：

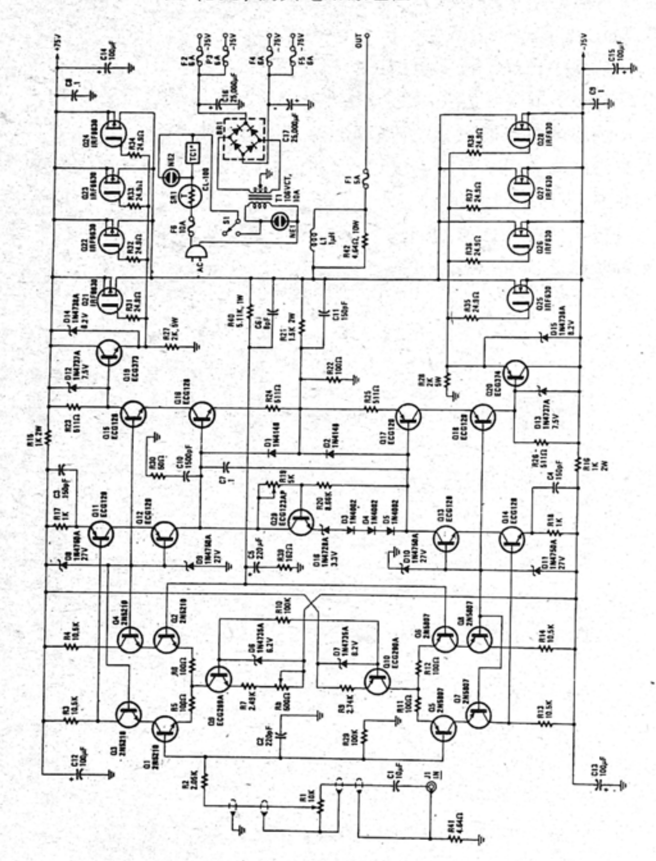
1. 電源電壓範圍：15～60V（6端對4端）
2. 輸出功率（V_P＝±27.5V；THD＝0.1％；R_L＝4Ω）70W
3. THD（Po＝40W）　　0.01％

使用中應注意以下事項：

1. 電路的閉環增益由R_1和R_3決定，R_3的取值不應超過100KΩ，閉環增益應取在20dB～40dB之間較合適。
2. 電路的輸入阻抗由R_2決定。爲使輸入失調電壓減至最小，應使R_2＝R_3。
3. 在自舉電路中，R_5和R_6的功率應不小於2W。
4. 靜噪時間由R_4和C_4決定。

11. 250W FET音頻功率放大器

圖（184）爲其電路原理圖

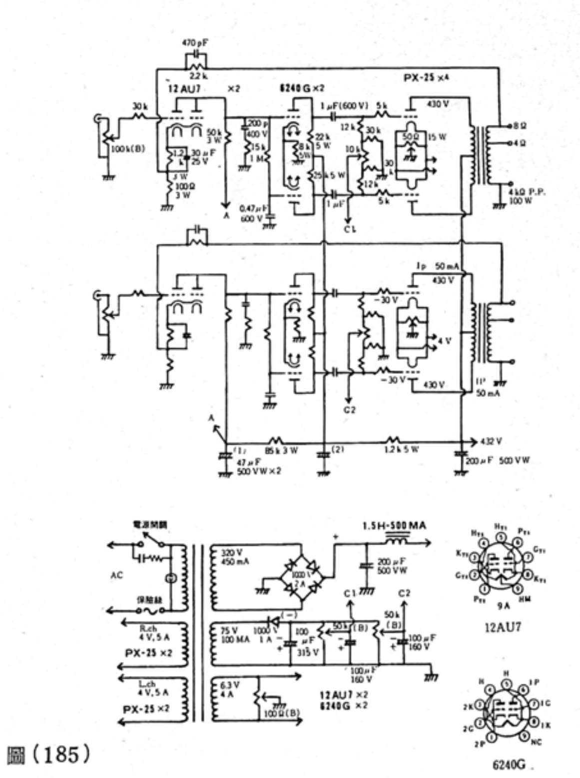


圖（184）

第九節：電子管Hi-Fi功率放大器

1. 24W＋24W全電子管Hi-Fi功率放大器

圖(185)爲該功率放大器的電路圖。



圖（185）

本功率放大器主要技術特性：

最大輸出功率：24W + 24W

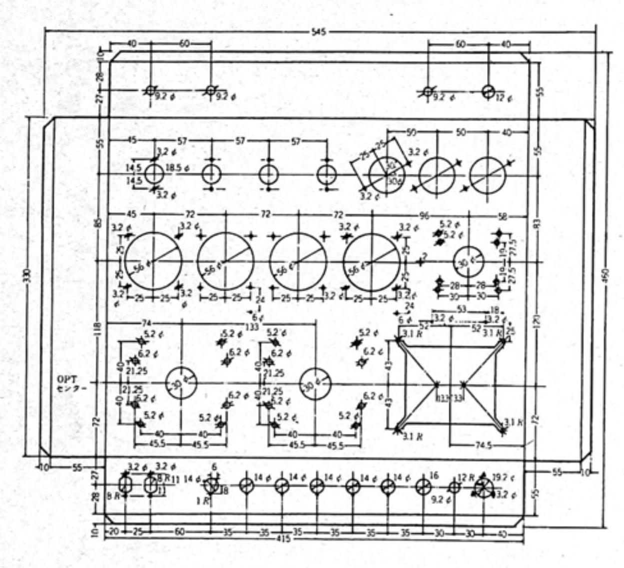
輸出阻抗：4Ω　8Ω

最大輸出功率時的輸入電壓：0.78V　1KHz

頻率響應：15～25 KHz　0.3 dB

失眞度：1KHz 1W時 0.2％以內

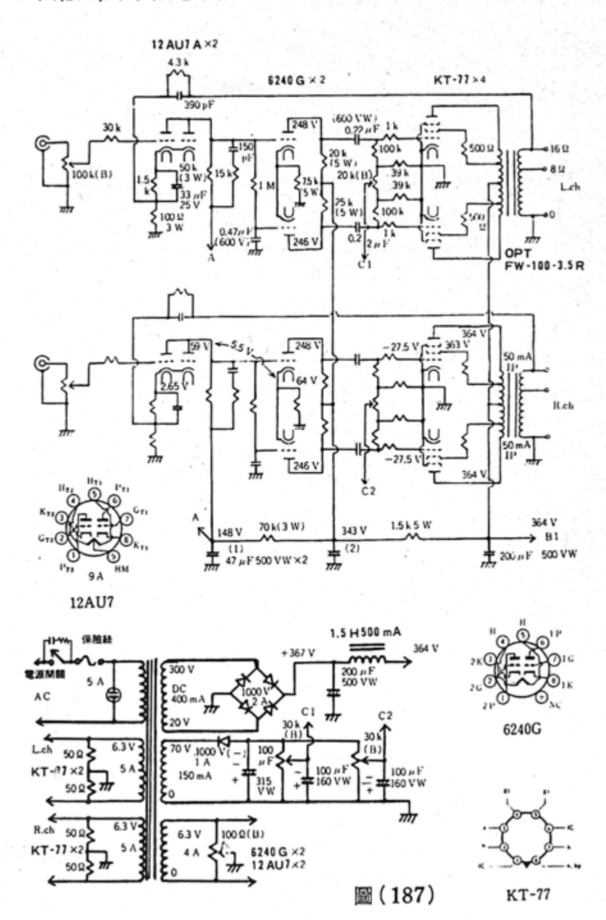
圖(186)爲該功率放大器底板工程圖。



圖(186)

2. 37W＋37W電子管Hi-Fi功率放大器

圖(187)爲本機電路圖。



圖(187)

本機主要技術特性：

最大輸出功率：37W + 37W　1KHz　8Ω　16Ω

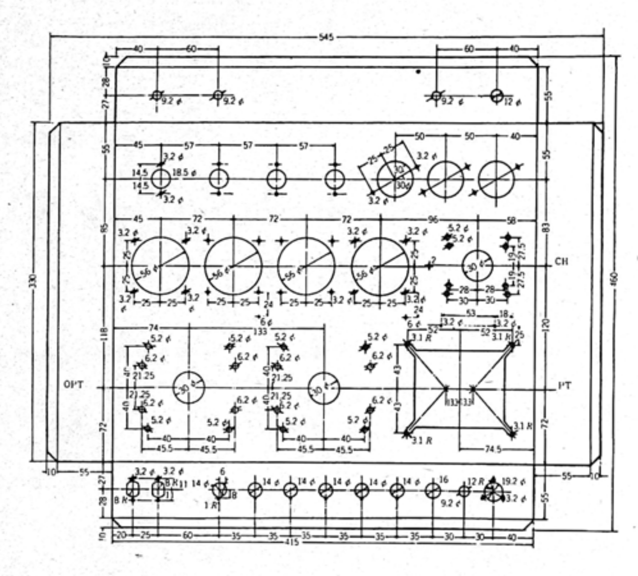
最大輸出時的輸入電壓：0.8V　1KHz

頻率特性：10～35000Hz　0.5dB以內

失眞度：1KHz　1W時　0.038%

　　　　1KHz　10W時　0.12%

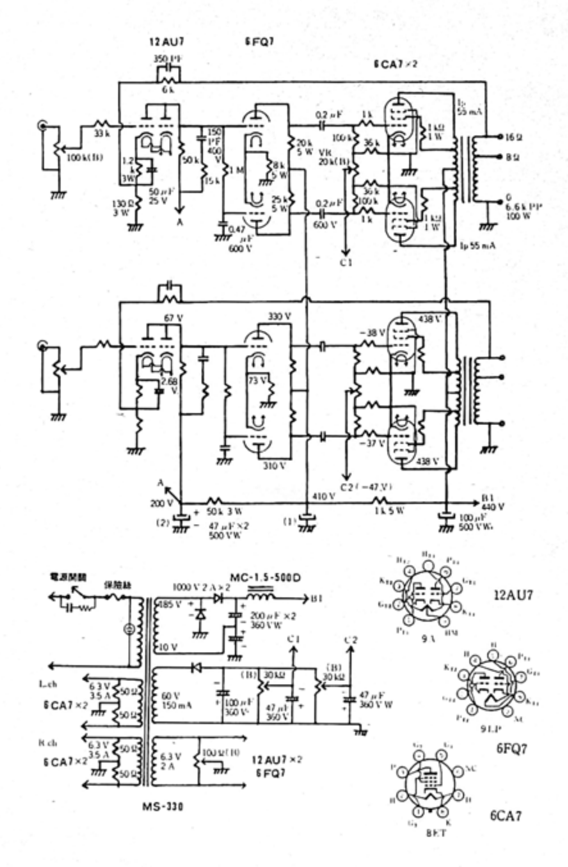
圖(188)爲本機底板工程圖。



圖(188)

3. 43W＋43W電子管Hi-Fi功率放大器

圖(189)爲該功率放大器電路圖。



圖(189)

該功率放大器主要技術特性：

最大輸出功率：43W＋43W（1KHz 8Ω）

最大輸出功率時的輸入電壓：0.8V（1KHz）

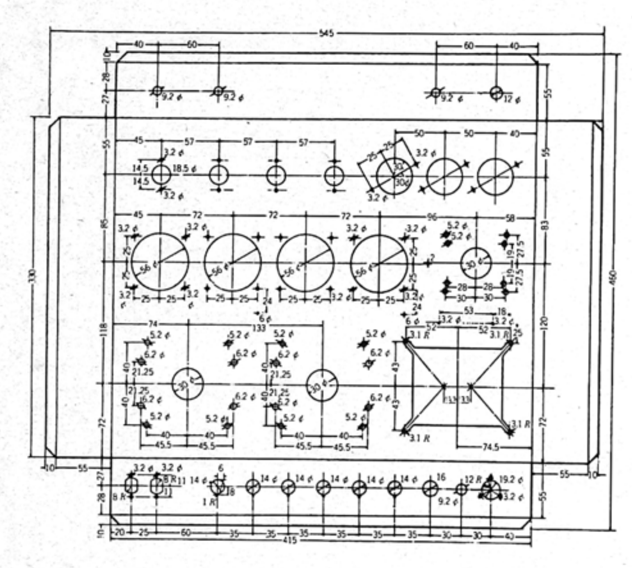
頻率特性： 1W時 20～30KHz 0.5dB以內

10W時 20～30KHz 1 dB以內

失眞度： 1W時 0.065%

10W時 0.15%

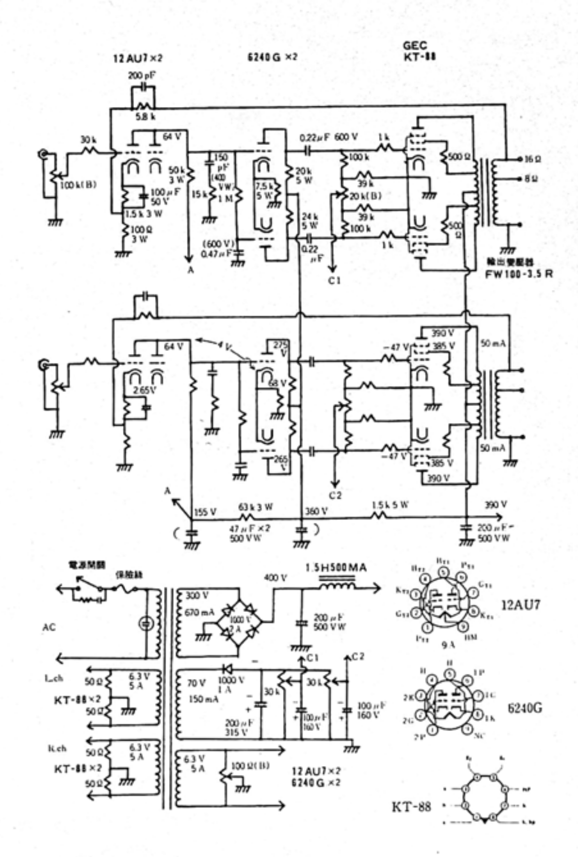
圖(190)爲該功率放大器的底板工程圖。



圖(190)

4. 50W＋50W全電子管Hi-Fi功率放大器

圖(191)爲本機電路圖。



圖(191)

主要技術特性：

最大輸出功率：50W + 50W

最大輸出時的輸入電壓：0.9V　1KHz

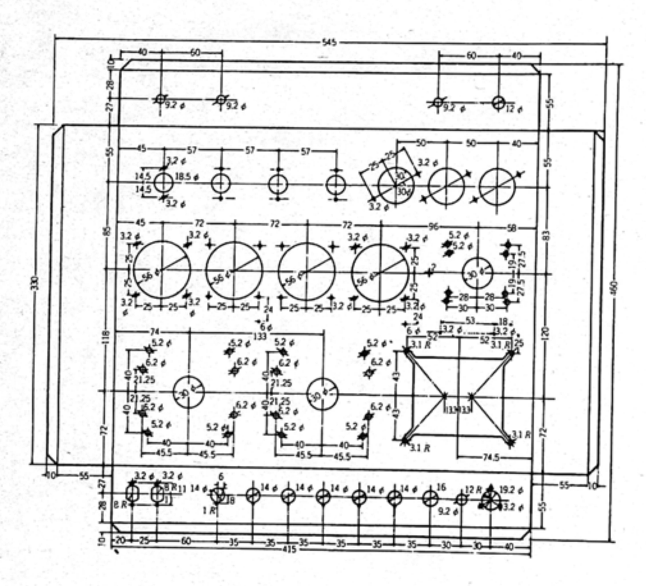
頻率響應：　1 W時　　10～40KHz　　0.5dB以內

　　　　　　10 W時　　10～40 KHz　　0.5dB以內

失眞度：1 KHz　　1W時　　0.04%

　　　　1 KHz　10W時　　0.18%

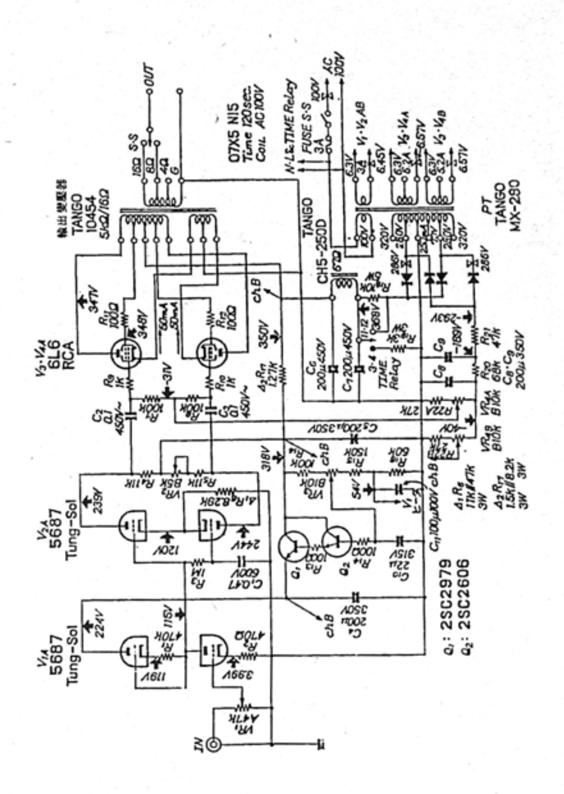
圖(192)爲該機底板工程圖。



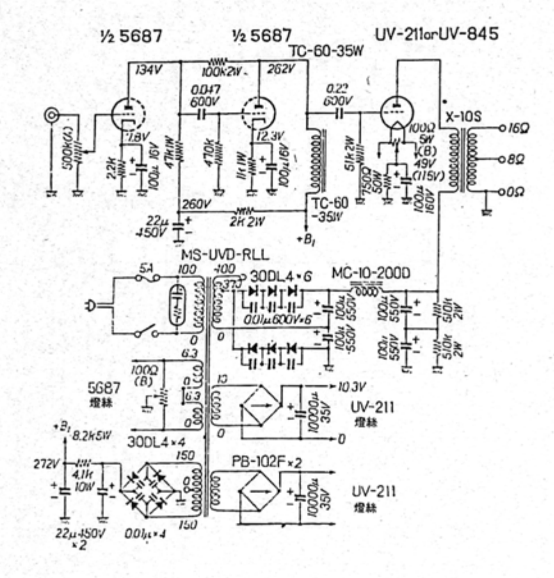
圖（192）

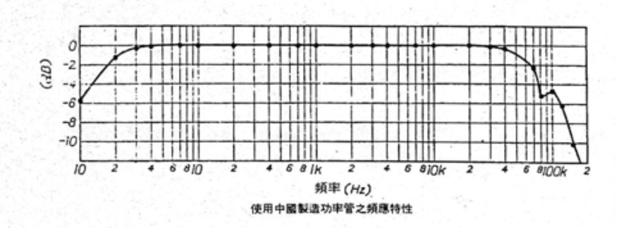
5. 日本“發燒友”用中國產電子管組裝的功率放大器

圖(193)、圖(194)爲其電路原理圖。



圖（193）





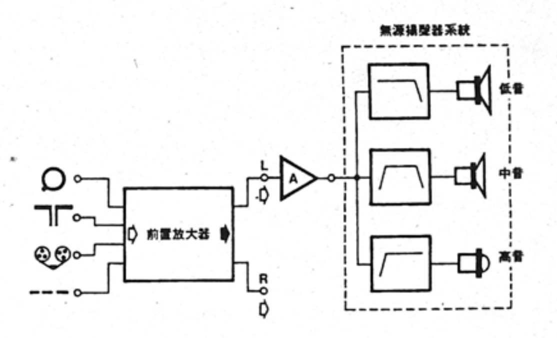
使用中國製造功率管之頻應特性

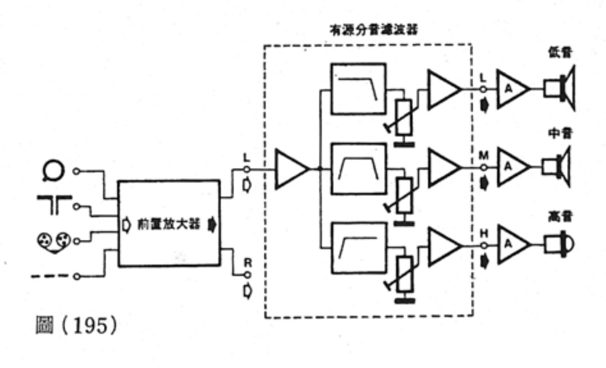
圖(194)

第十節：分　頻　器

1. 有源電子分音器

圖(195)中示出了有源、無源分音器的原理方框圖。





圖(195)

“到底有源與無源揚聲器系統那一個較佳？”這個問題沒有肯定答案。有源系統具有很多優點，但並不就可以肯定表示對每個人來講都是最佳選擇，基本上有源系統比無源系統電路更複雜，體積更龐大和造價更昂貴，但這不過僅是它的缺點而已，普遍而言，有源系統較爲略勝一籌，主要的原因是：

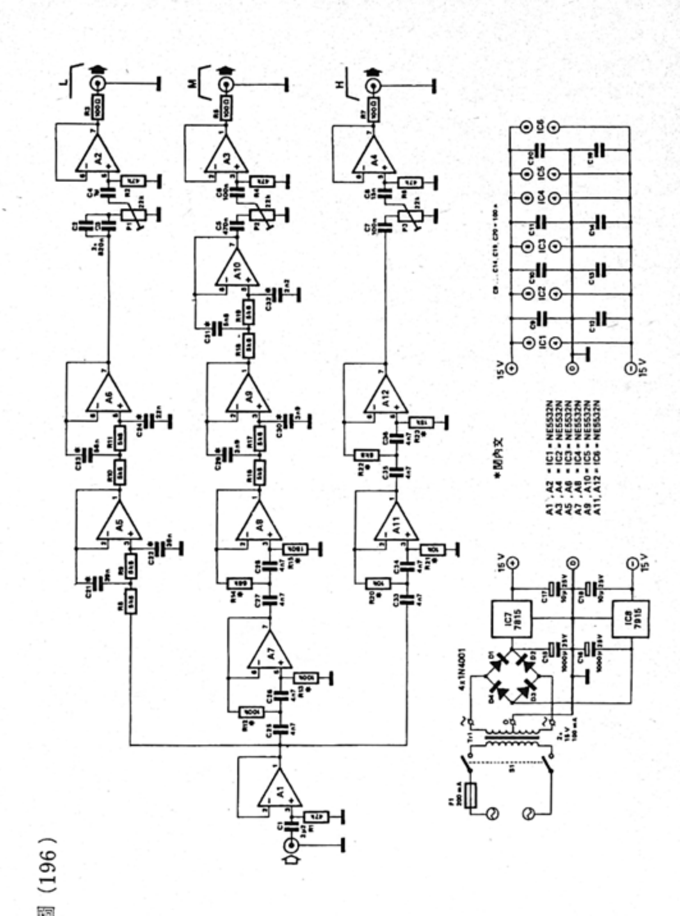
1. 容易匹配不同的喇叭 — 利用分音器輸出之訊號加以放大。無源系統匹配時要藉着加入電阻或外加衰減來完成，此點對高與中音喇叭做得很好，但對低音喇叭就不起作用（因爲它影響到阻尼因數）；另一種解決方法是採用一個適當的變壓器（此器件很昂貴），不過，所採用的低音喇叭比高及中音喇叭輸出較大時，就永遠不可能達到令人滿意的無源系統。

2. 喇叭可直接接在放大器之輸出（無需像無源系統要穿過大型綫圈），所以喇叭的阻尼較好。導致有更準確的重播，特別在低音域較顯著。這也許是有源揚聲器系統的最大優點。

3. 喇叭之阻抗曲綫不影響分音器的特性，所以，它常表現它所應有的。因此，不需要任何類型的阻抗匹配網路。無需大量綫圈與電容，對功率放大器造成之負荷就沒有那麽複雜了，音質重播上大爲改善。

4. 功率放大器所處的位置很接近喇叭（通常在音箱內），所以喇叭綫之長度可大爲縮短，免除了使用特殊及貴價的喇叭綫。

圖(196)爲分音器實際電路（只示出單聲道）。



圖（196）

圖(197)中之電路爲迎合個別需要可自己進行計算(本分音器能同時具備有Bessel型或Butterworth 型之結構，這樣可供在試製中選用。)如表一，表中已指示那些決定頻率之元件的計算程式，如果你懼怕那些繁複的計算數字，請不用擔心，這裏也另提供有兩個附表，可幫助大家在常用的頻率下取得元件之數值。

首先要做的是定下濾波特性之斜度，若是選用24dB/oct的話，那就容易得多，因爲電路無須任何的變動。低通濾波器中的C_{21}、C_{22}、C_{23}和C_{24}分別是對應於表(一)中的C_A、C_B、C_C及C_D；而同樣在中音域部份的低通濾波器中C_{29}、C_{30}、C_{31}和C_{32}也是這樣的對應。如取用18dB/oct 斜度，則要把低通濾波器中的電容器C_{23}及C_{31}抽出，並電阻R_{10}和R_{18}用跳綫代替。同樣地在高通濾波器中R_{14}及R_{22}也要拔去；和C_{27}及C_{35}也用跳綫代替。如需用12dB/oct斜度，則各路分音器的第二部份全部要除去，在這情況下，C_{23}、C_{24}、C_{31}及C_{32}(在低通濾波器中)與此同時R_{14}、R_{15}、R_{22}及R_{23}(在高通濾波器中)都要拔去，而電阻R_{10}、R_{18}及R_{19}與及電容器C_{27}、C_{28}、C_{35}及C_{36} 則由跳綫代替，這樣就完成。

選定好濾波器的斜度、截止頻率和類型後，可依照表(一)中的方程式去計算那決定頻率之元件值。爲方便各位試製起見，筆者已計算過不同截止頻率下的元件值，並分列於表(二)中(低通濾波器適用、高通濾波器適用)中。這兩表中之元件與表(一)中的名稱都是相同，所以：C_{21}～C_{24}及C_{29}～C_{32}爲C_A～C_D；而R_{12}～R_{15}及R_{20}～R_{23}爲R_A～R_D。

計算出來的電阻及電容值並非有意地取其最接近之標準值，目的是令準確值可用串並聯法而取得，如可能的話，盡量採用1%誤差之元件。

表(一)

	Bessel	Butterworth	
低通：12 dB/音程	$C_A = \frac{0.9076}{2\pi f \cdot R}$ $C_B = \frac{0.6809}{2\pi f \cdot R}$	$C_A = \frac{1.414}{2\pi f \cdot R}$ $C_B = \frac{0.7071}{2\pi f \cdot R}$	所有R，均是同一數值，約4.7—10KΩ
低通：18 dB/音程	$C_A = \frac{0.9548}{2\pi f \cdot R}$ $C_B = \frac{0.4998}{2\pi f \cdot R}$ $C_D = \frac{0.7560}{2\pi f \cdot R}$	$C_A = \frac{2}{2\pi f \cdot R}$ $C_B = \frac{0.5}{2\pi f \cdot R}$ $C_D = \frac{1}{2\pi f \cdot R}$	
低通：24 dB/音程	$C_A = \frac{0.7298}{2\pi f \cdot R}$ $C_B = \frac{0.6699}{2\pi f \cdot R}$ $C_C = \frac{1.0046}{2\pi f \cdot R}$ $C_D = \frac{0.3872}{2\pi f \cdot R}$	$C_A = \frac{1.0824}{2\pi f \cdot R}$ $C_B = \frac{0.9239}{2\pi f \cdot R}$ $C_C = \frac{2.6130}{2\pi f \cdot R}$ $C_D = \frac{0.3827}{2\pi f \cdot R}$	
高通：12 dB/音程	$R_A = \frac{1.1017}{2\pi f \cdot C}$ $R_B = \frac{1.4688}{2\pi f \cdot C}$	$R_A = \frac{0.7071}{2\pi f \cdot C}$ $R_B = \frac{1.414}{2\pi f \cdot C}$	所有C，均是同一數值，約4.7—10nF
高通：18 dB/音程	$R_A = \frac{1.0474}{2\pi f \cdot C}$ $R_B = \frac{2.0008}{2\pi f \cdot C}$ $R_D = \frac{1.3228}{2\pi f \cdot C}$	$R_A = \frac{0.5}{2\pi f \cdot C}$ $R_B = \frac{2}{2\pi f \cdot C}$ $R_D = \frac{1}{2\pi f \cdot C}$	
高通：24 dB/音程	$R_A = \frac{1.3701}{2\pi f \cdot C}$ $R_B = \frac{1.4929}{2\pi f \cdot C}$ $R_C = \frac{0.9962}{2\pi f \cdot C}$ $R_D = \frac{2.5830}{2\pi f \cdot C}$	$R_A = \frac{0.9239}{2\pi f \cdot C}$ $R_B = \frac{1.0824}{2\pi f \cdot C}$ $R_C = \frac{0.3827}{2\pi f \cdot C}$ $R_D = \frac{2.6130}{2\pi f \cdot C}$	

圖(197)

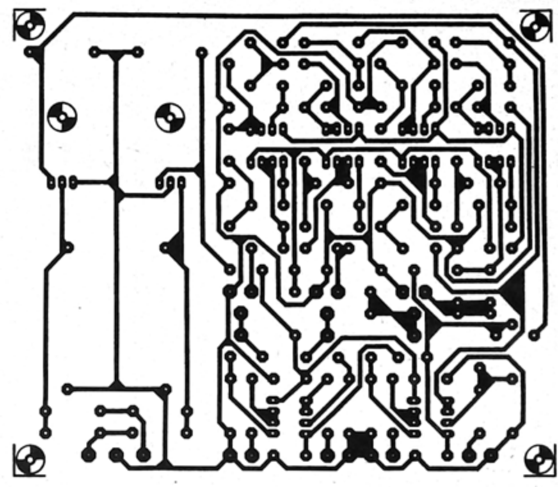
表(二)

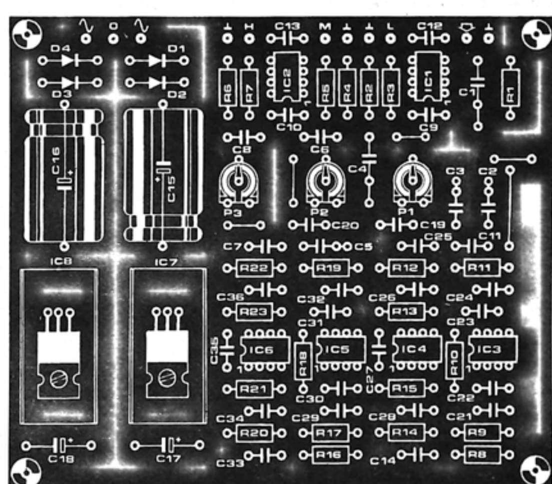
f	低通 12 dB/octave Bessel		低通 12 dB/octave Butterworth		低通 18 dB/octave Bessel			低通 18 dB/octave Butterworth			低通 24 dB/octave Bessel				低通 24 dB/octave Butterworth			
(Hz)	R = 5k6 (2×)		R = 5k6 (2×)		R = 5k6 (3×)			R = 5k6 (3×)			R = 5k6 (4×)				R = 5k6 (4×)			
	C_A	C_B	C_A	C_B	C_A	C_B	C_D	C_A	C_B	C_D	C_A	C_B	C_C	C_D	C_A	C_B	C_C	C_D
	(nF)	(nF)	(nF)	(nF)	(nF)	(nF)	(nF)	(nF)	(nF)	(nF)	(nF)	(nF)	(nF)	(nF)	(nF)	(nF)	(nF)	(nF)
100	257.9	193.5	401.9	200.9	271.4	142.0	214.9	568.4	142.1	284.2	207.4	190.1	285.5	110.0	307.6	262.6	742.6	108.8
200	128.9	96.8	200.9	100.5	135.7	71.0	107.4	284.2	71.0	142.1	103.7	95.2	142.8	55.0	153.8	131.3	371.3	54.4
300	85.9	64.5	133.9	66.9	90.4	47.3	71.6	189.5	47.4	94.7	69.1	63.5	95.2	36.7	102.5	87.5	247.5	36.3
400	64.5	48.4	100.5	50.2	67.8	35.5	53.7	142.1	35.5	71.1	51.9	47.6	71.4	27.5	76.9	65.6	185.7	27.2
500	51.6	38.7	80.4	40.2	54.3	28.4	42.9	113.7	28.4	56.8	41.5	38.1	57.1	22.0	61.5	52.5	148.5	21.8
600	42.9	32.3	66.9	33.5	45.2	23.7	35.9	94.7	23.7	47.4	34.6	31.7	47.6	18.3	51.3	43.8	123.8	18.1
700	36.8	27.6	57.4	28.7	38.8	20.3	30.7	81.2	20.3	40.6	29.6	27.2	40.8	15.7	43.9	37.5	106.1	15.5
800	32.2	24.2	50.2	25.1	33.9	17.8	26.9	71.0	17.8	35.5	25.9	23.8	35.7	13.8	38.5	32.8	92.8	13.6
1,000	25.8	19.4	40.2	20.1	27.1	14.2	21.5	56.8	14.2	28.4	20.7	19.0	28.6	11.0	30.8	26.3	74.3	10.9
1,500	17.2	12.9	26.8	13.4	18.1	9.47	14.3	37.9	9.47	18.9	13.8	12.7	19.0	7.34	20.5	17.5	49.5	7.25
2,000	12.9	9.68	20.1	10.0	13.6	7.10	10.7	28.4	7.11	14.2	10.4	9.51	14.3	5.51	15.4	13.1	37.1	5.44
2,500	10.3	7.74	16.1	8.04	10.9	5.68	8.59	22.7	5.68	11.4	8.30	7.61	11.4	4.40	12.3	10.5	29.7	4.35
3,000	8.59	6.45	13.4	6.70	9.04	4.73	7.16	18.9	4.74	9.47	6.91	6.35	9.52	3.67	10.3	8.75	24.8	3.62
3,500	7.37	5.53	11.5	5.74	7.75	4.06	6.14	16.2	4.06	8.12	5.93	5.44	8.16	3.14	8.79	7.50	21.2	3.11
4,000	6.45	4.83	10.0	5.02	6.78	3.55	5.37	14.2	3.55	7.11	5.19	4.76	7.14	2.75	7.69	6.56	18.6	2.72
5,000	5.16	3.87	8.03	4.01	5.43	2.84	4.30	11.4	2.84	5.68	4.15	3.81	5.71	2.20	6.15	5.25	14.9	2.18
10,000	2.58	1.94	4.01	2.0	2.71	1.42	2.15	5.68	1.42	2.84	2.07	1.90	2.86	1.10	3.08	2.63	7.43	1.09

f	高通 12 dB/octave Bessel		高通 12 dB/octave Butterworth		高通 18 dB/octave Bessel			高通 18 dB/octave Butterworth			高通 24 dB/octave Bessel				高通 24 dB/octave Butterworth			
(Hz)	C = 4n7 (2×)		C = 4n7 (2×)		C = 4n7 (3×)			C = 4n7 (3×)			C = 4n7 (4×)				C = 4n7 (4×)			
	R_A	R_B	R_A	R_B	R_A	R_B	R_D	R_A	R_B	R_D	R_A	R_B	R_C	R_D	R_A	R_B	R_C	R_D
	(kΩ)	(kΩ)	(kΩ)	(kΩ)	(kΩ)	(kΩ)	(kΩ)	(kΩ)	(kΩ)	(kΩ)	(kΩ)	(kΩ)	(kΩ)	(kΩ)	(kΩ)	(kΩ)	(kΩ)	
100	373.1	497.4	239.4	478.8	354.7	677.5	447.9	169.3	677.3	338.6	463.9	505.5	337.0	874.7	312.9	366.5	129.6	884.8
200	186.5	248.7	119.7	239.4	177.3	338.8	223.9	84.7	338.6	169.3	231.9	252.8	168.5	437.3	156.4	183.3	64.8	442.4
300	124.4	165.8	79.8	159.6	118.2	225.8	149.3	56.4	225.8	112.9	154.7	168.5	112.3	291.6	104.3	122.2	43.2	294.9
400	93.3	124.3	59.9	119.7	88.7	169.4	111.9	42.3	169.3	84.7	115.9	126.4	84.3	218.7	78.2	91.6	32.4	221.2
500	74.6	99.5	47.9	95.8	70.9	135.5	89.6	33.9	135.5	67.7	92.8	101.1	67.4	174.9	62.6	73.3	25.6	176.9
600	62.2	82.9	39.9	79.8	59.1	112.9	74.7	28.2	112.9	56.4	77.3	84.3	56.2	145.8	52.1	61.1	21.6	147.5
700	53.3	71.1	34.2	68.4	50.7	96.8	63.9	24.2	96.8	48.4	66.3	72.2	48.1	124.9	44.7	52.4	18.5	126.4
800	46.6	62.2	29.9	59.9	44.3	84.7	55.9	21.2	84.7	42.3	57.9	63.2	42.1	109.3	39.1	45.8	16.2	110.6
1,000	37.3	49.7	23.9	47.9	35.5	67.8	44.8	16.9	67.7	33.4	46.4	50.6	33.7	87.5	31.3	36.7	12.9	88.5
1,500	24.9	33.2	15.9	31.9	23.6	45.2	29.9	11.3	45.2	22.6	30.9	33.7	22.5	58.3	20.9	24.4	8.64	58.9
2,000	18.7	24.9	11.9	23.9	17.7	33.9	22.4	8.47	33.9	16.9	23.2	25.3	16.9	43.7	15.6	18.3	6.48	44.2
2,500	14.9	19.9	9.57	19.2	14.2	27.1	17.9	6.77	27.1	13.5	18.6	20.2	13.5	34.9	12.5	14.7	5.18	35.4
3,000	12.4	16.6	7.98	15.9	11.8	22.6	14.9	5.64	22.6	11.3	15.5	16.9	11.2	29.2	10.4	12.2	4.32	29.5
3,500	10.7	14.2	6.84	13.7	10.1	19.4	12.8	4.84	19.4	9.68	13.3	14.4	9.63	24.9	8.94	10.5	3.70	25.3
4,000	9.33	12.4	5.98	11.9	8.87	16.9	11.2	4.23	16.9	8.47	11.6	12.6	8.43	21.9	7.82	9.16	3.24	22.1
5,000	7.46	9.94	4.79	9.58	7.09	13.6	8.96	3.39	13.5	6.77	9.28	10.1	6.74	17.5	6.26	7.33	2.59	17.7
10,000	3.73	4.97	2.39	4.79	3.55	6.78	4.48	1.69	6.77	3.39	4.64	5.06	3.37	8.7	3.13	3.67	1.30	8.85

圖(198)爲印刷電路板圖。

此外應注意分音器與功放之間應用屛蔽綫連接。

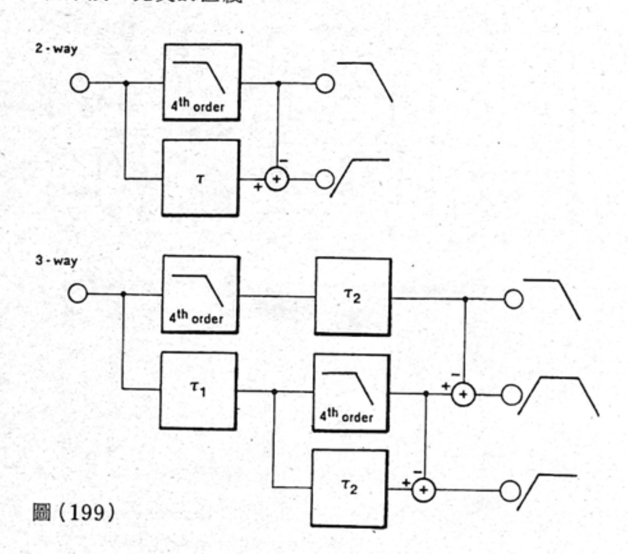




圖(198)

2. 有源綫相分音網絡

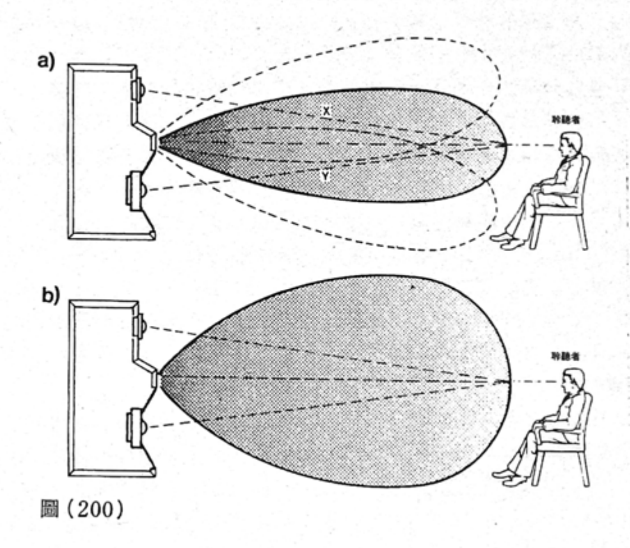
圖(199)爲兩路與三路綫相分音的基本結構原理圖。兩路系統中，四次低通濾波器提供正常的低通效能，延時τ被設計成具有與低通部份完全相同的相位特性，而功能却如全通一樣，然後，低通之輸出訊號與延時訊號作減法運算，其結果而成爲一個高通特性，且還具有與低通相同的相位特性，如把兩訊號作加法運算，結果成一完美的直綫。



圖(199)

三路系統中，因爲外加的低通部份必須提供中央分支，才可獲得帶通特性，送入中音喇叭，這個外加部份必須由第二個延時τ_2作補償，故此在三路分音系統中，τ_1電路模擬平常的低通濾波器，而τ_2電路則模擬在中音部份的低通濾波器。圖(200)(a)中所示爲一個揚聲器系統的垂直輻射圖，在兩個喇叭驅動一個訊號

的區域中擴散十分之狹窄，擴散亦隨頻率而變，引致波瓣不是歪斜就是下陷，在圖(200)(b)中的綫相系統的輻射圖裏，波瓣顯得更爲廣濶，並且對準所有的頻率，上述討論乃設揚聲器的聲中心是位於垂直綫上，否則輻射圖會有變化。



圖(200)

圖(201)綫相分音網路中，運放A_1用作爲輸入訊號與分音網路之間的緩衝器，如有需要的話，可藉着P_1衰減輸入訊號；網路的總放大倍數爲一，低通濾波器由A_2與A_3構成，而全通濾波器則建基於A_6及A_7，帶通濾波器A_6所造成的衰減則由A_7作爲補償。中音的低通部份包括在A_8和A_9上，這裏需要有兩個相同的全通濾波器，這是在低音部份的$A_4 - A_5$及在高音部份的$A_{11} - A_{12}$所組成，就這樣完成了低通濾波器。

至於中音部份，A_5之輸出訊號必須由A_9的減去，這是由A_{10}執行減法運算。

最後，A_9之輸出訊號再次由A_{12}的減去，這是由A_{13}去執行，就這樣完成了高通功能。

網路的三個輸出取道微調電位器，使之個別能與有關揚聲器之效率相匹配，電源電路之質素須配合分音網路本身，IC_1為穩壓器，並與兩個外路的串通晶體管相連，供給對稱輸出電壓。二極管D_5及D_6用以保護穩壓器，免至在熄機時受損。

最方便的做法是將分音網路裝製在一塊印刷綫路板上（圖(202)）。零件表中列出之元件數值乃適用於500Hz和5KHz的分音頻率，至於其他的頻率，讀者可自行參照表(一)所示的公式來計算。

在好幾個位置上，見到電容並聯與電阻串聯，這樣做法是盡可能採用相同數值的零件。如常一樣，選用電容器主要是決定於其損失系數和價錢上，一般以塑膠膜類型較為適合。

分音網路的輸出阻抗視乎微調電位器的位置而定，最高為12KΩ，由於這個數字對某些輸出級來講可能偏高，故可將該電位器之數值改用5KΩ，結果，最大輸出阻抗為2.5KΩ。如要這樣做的話，應同時將C_{31}之值加大至4.7μF。有一個很有用的計算阻抗的實地法則，輸出級的輸入阻抗必須至少比分音網路的輸出阻抗大十倍。

也可以把電路板改成為二路分音網路，只需把以下各零件刪去不用，包括：IC_2、IC_5、IC_6、R_7-R_{14}、$R_{23}-R_{26}$、$R_{31}-R_{41}$、C_{19}、C_{20}、$C_{23}-C_{30}$、C_{33}及P_4，另外，A_3的第1腳與C_{31}之間要連上跳綫，還有A_7的第7腳與C_{32}之間也要接上另一條跳綫。

最後，須留意每塊電路板上均設有其本身的穩壓器IC，以便把分音網路安裝在喇叭箱內。

附：R_1；R_2＝1K5J

R_3-R_9；$R_{15}-R_{17}$；$R_{23}-R_{26}$；$R_{31}-R_{33}$＝22K5F

$R_{10}-R_{14}$；$R_{18}-R_{22}$；$R_{27}-R_{30}$；$R_{34}-R_{41}$＝10KF

P_1＝47KJ 金屬陶瓷微調

P_2-P_4＝25KJ 金屬陶瓷微調

電容：

C_1＝1μ0 塑膠膜

C_2-C_5＝22n 陶瓷

C_6；C_7＝1000μ；25V 電解

C_8；C_9；$C_{34}-C_{47}$＝100n 陶瓷

$C_{10}-C_{12}$＝10μ；25V 電解

$C_{13}-C_{18}$；C_{21}；C_{22}＝10n；2.5% 聚丙烯

C_{31}＝2μ2 塑膠膜

C_{32}；C_{33}＝470n 塑膠膜

半導體：

D_1-D_6＝1N4001

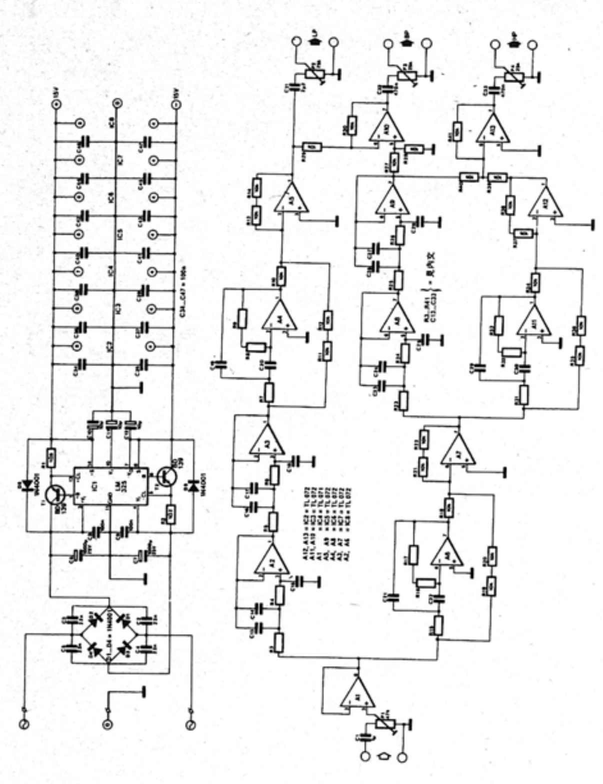
T_1＝BD139

T_2＝BD140

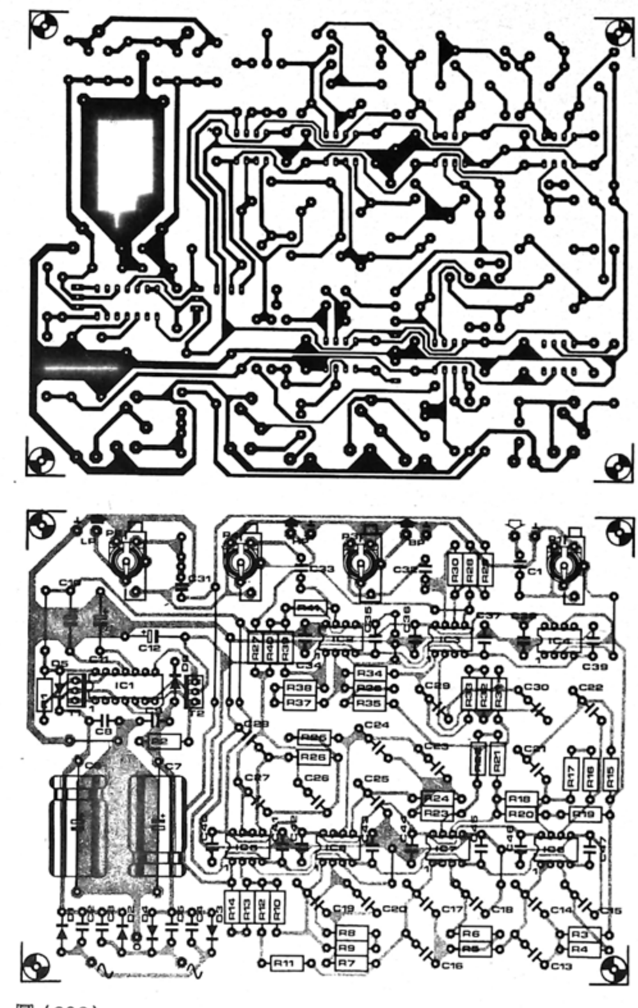
IC_1＝LM325

IC_2；IC_3；IC_5-IC_8＝TL072；NE5532；LF353；LM833；OP215

IC_4＝TL071；NE5534；LF356；OP27；OP15



圖(201)

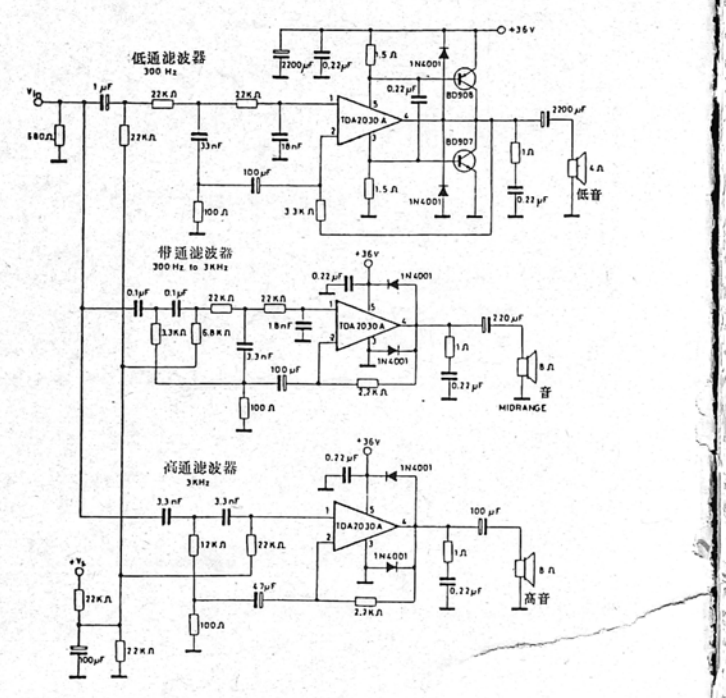


IC1
IC2
IC3
IC4
C12
R38
R37
R34
R35
R26
R24
R23
R18
R20
R19
R17
R16
R15
R14
R13
R12
R10
R8
R9
R7
R11
R6
R3
R4
C13
C14
C15
C16
C17
C18
C19
C20
C22
C24
C25
C26
C27
C29
C30
C33
C39

圖(202)

3. 三分頻60W音箱放大器

圖 (203)爲三分頻 60W音箱放大器電路原理圖。



圖（203）

第十一節：3D系統

性能優良的3D系統立體聲擴音機

如何利用小的空間來還原立體聲效果，歷來是“發燒友”甚感興趣的問題，而二者之間又十分矛盾。因此往往遷就於客觀條件，而立體聲效果則只好打折扣了。

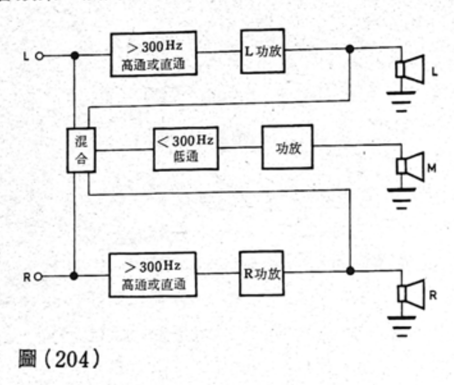
在聲頻中，300Hz 以下的聲頻輻射幾乎各向同性，人耳主要是根據 300Hz 以上的中高音聲頻來進行聲象定位，從而獲得立體聲效果的。3D（3-Dimension）立體聲就是基於這一原理設計的。3D立體聲擴音系統中，300Hz以上的中高音聲頻仍用雙聲道立體聲方式重放，以保證節目中的立體聲信息能使人耳準確進行聲像定位，而 300Hz 以下的低音部份經低通濾波器後合二爲一送入特設的公共低音通道進行放音。

對於 300Hz 以上的聲頻信號，3D系統功放級的額定功率可以比全頻率聲頻功放級的額定功率減小 30 %，因此與普通立體聲擴音機相比，其左右聲道功放的額定功率可適當的做小一些，相應的喇叭及音箱體積亦可減小。對於 300Hz 以下的聲頻，3D系統僅需要一個重放 300Hz 以下的功放級及一個低音效果良好的揚聲器箱，從而方便了家庭中（小空間）進行優良的立體聲系統的佈置。

由於低音樂器具有很豐富的高次諧波，且能夠進入左右兩個通道，所以人耳依然能對低音樂器準確進行聲象定位。

圖(204)爲 3 D立體聲放音系統的原理方框圖。由圖可知它與普通立體聲放音系統的不同之處就在於多了左右兩路的高通濾波器，一個混合電路一個 300Hz 低通濾波器。如求綫路化簡，則左右聲道可採取全頻率放音，這樣就可只用一個低通濾波器和一個混合電路，並且可從左右功放輸出及兩路音頻混合後取出低音

頻信號，並加以放大卽可方便用來改善已有的普通立體聲放音系統的低音效果，成爲 3 D立體聲放音系統。



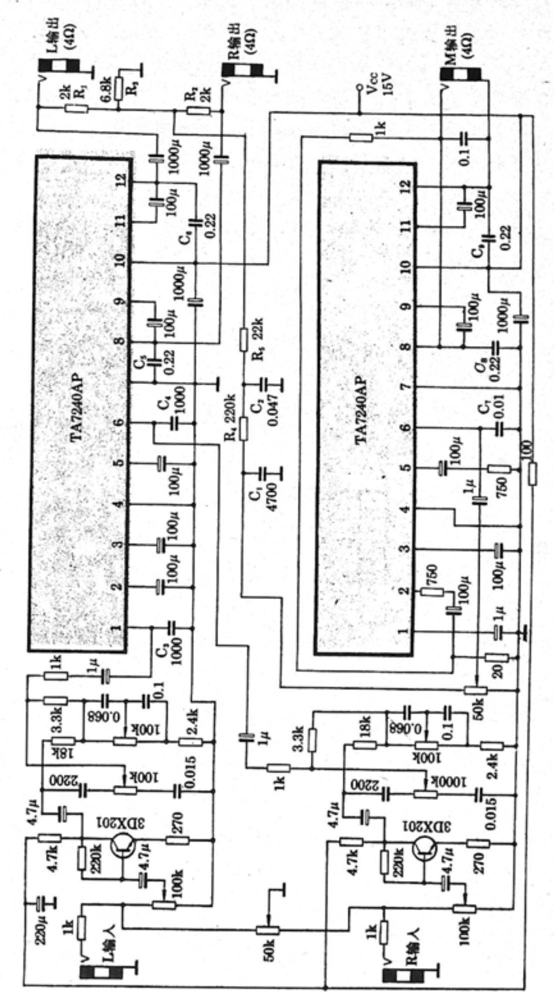
圖(204)

1. 3D系統立體聲放大器

圖(205)爲 3 D系統立體聲放大器的電路原理圖。它用兩塊雙聲道功放 IC TA7240AP，一塊作爲左右兩個聲道的功放，另一塊則接成 BTL 功放型式，作爲公共低音通道的功率放大。

R_1、R_2、R_3爲左右聲道的混合電路，被混合的全音頻信號經R_4、C_1、R_5、C_2 組成的兩級無源低通濾波器衰減了中高音頻後，再經低音通道音量電位器W送入低音功放級。

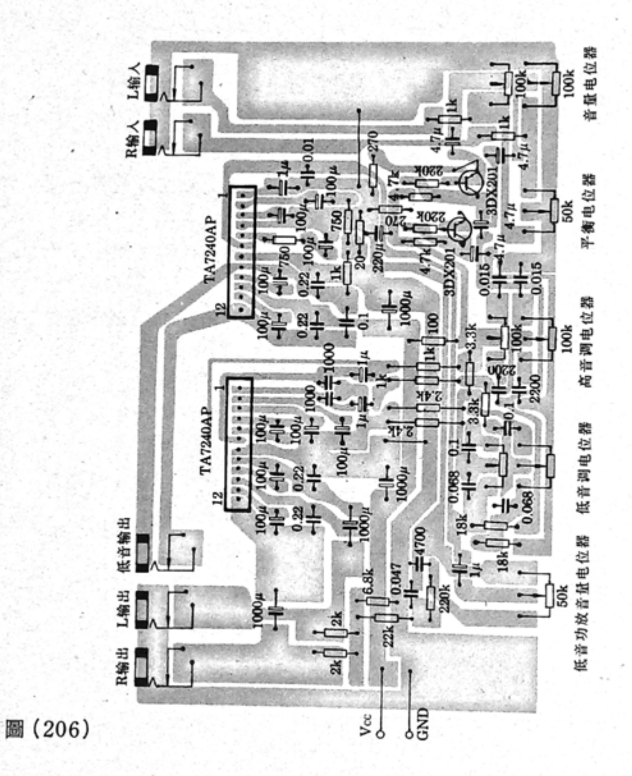
爲保證公共低音通道的低音頻信路不致於影響立體聲效果，其低通濾波器應保持在 300 Hz 以下，而且截止帶的衰減率對 300 Hz 以上的中高音頻必須有足夠大的衰減量，一般應大於18 dB 才不致於影響立體聲效果。由於兩級 R、C無源低通濾波器的衰減量只不過 12 dB，所以圖(205)中R_5、C_2和R_4、C_1 所組成的兩級低通濾波器的轉折頻率取得較低，以求對 300 Hz 以上的中高音頻率有較大的衰減。兩級低通濾波器的轉折頻率同爲 154 Hz。



圖(205)

本電路中雙聲道功率放大器採用全頻率放音，由於3D系統的特點，它們不需要重放300 Hz 以下的低音，故其額定功率不需很大，從而使得揚聲器的口徑及音箱體積可大爲減小，大大方便了立體聲系統的佈置，從而使得在小居室也能聆聽到理想的立體聲效果，也就是說我們由於採用了一個公共低音通道功放，就可以方便地改善小型家用立體聲系統的聲學性能，用並不高的代價使整個立體聲放聲系統的性能有很大的提高。

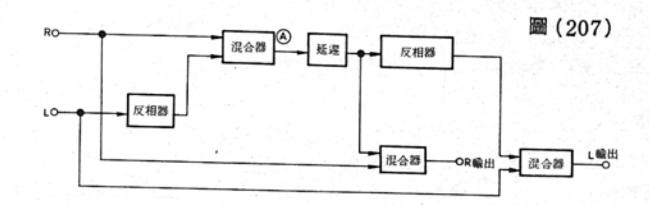
圖(206)爲本系統的印刷電路板圖及裝配圖。由於功率放大器有一定的輸出功率，故IC的散熱應引起重視。



圖(206)

3D系統＋音場擴大

前面我們介紹了如何在小的居室裏聆聽立體聲音樂的3D系統，作爲進一步的要求，那就是如何增加聆聽時的音場擴大感，這也是本製作的最終目的。



圖(207)

圖(207)爲聲場擴大電路的基本方框圖，首先把左右的聲音反相相加，除去同相成份（如是立體聲，便定位在中心）。在圖中的Ⓐ點輸出的訊號，可以把它看成爲左右異相的成份。用公式表示時，R聲道的訊號爲C＋r，L聲道爲C＋1（C爲在中心定位的同相成份，r和1爲在各個聲道具有的立體聲的一個中定位的成份），Ⓐ點的訊號爲：

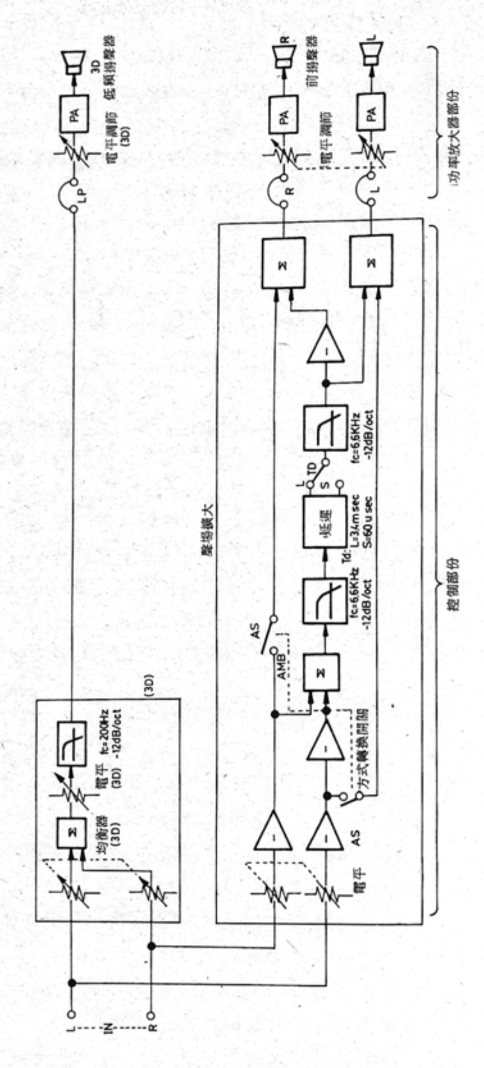
$$R-L=C+r-C-1=r-1$$

因此，聲源若是單聲道的（R＝L），Ⓐ點上便什麽也不可能出現。

另外，通過BBD延遲器件使異相成份r－1稍爲延遲（幾十微秒至幾毫秒），從而在原音R和L上，反相輸出相加。

如從理論上研究這樣作會得出什麽結果，似乎一下子也說不清，如簡單的說那就是：左右訊號的同相成分不變，僅異相成份變化，其結果定位感也變化（卽音場變化）。

圖(208)爲整個3D系統＋音場擴大原理框圖。從大的方面劃分，可分爲兩個部份：卽控制部份和功率放大器部份。而控制部份又可分爲3D和聲場擴大兩部份。



圖(208)

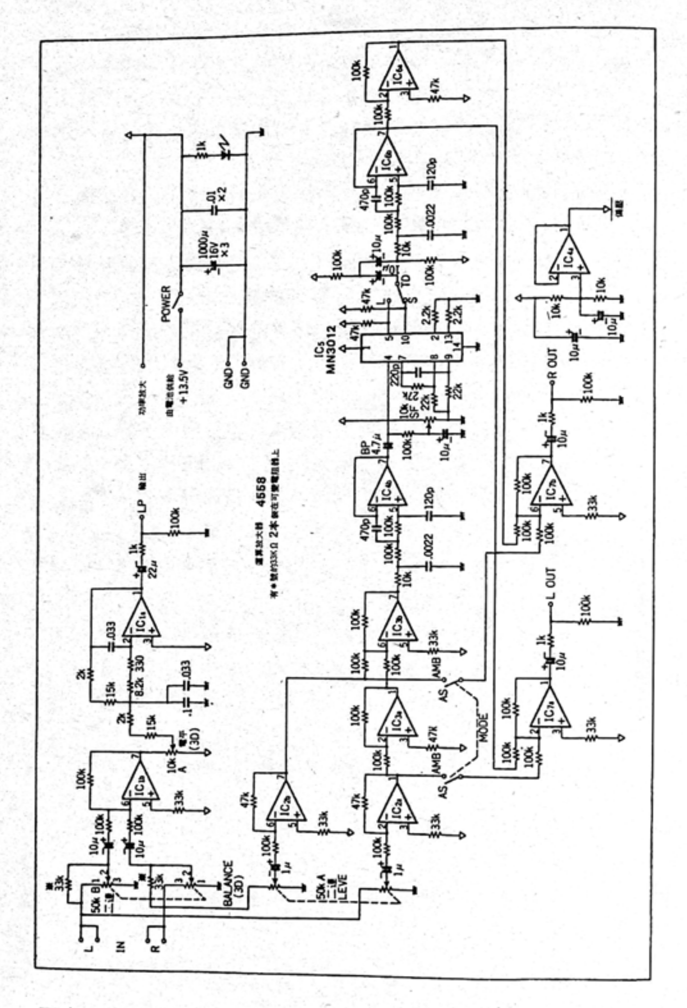
在3D的開始有左右均衡器，但實際上即使不用它們也完全無妨，實際上此電路方框只是前面的聲場擴大原理一圖的應用而已。處在延遲電路前後的低通濾波器，用以除去BBD器件由於使用不當而帶來的噪聲，從音場擴大的效果來講，提高濾波器的fc固然好，但一提高fc，噪聲也增大，故從經驗中決定了fc爲6.6KHz。當然爲降低BBD器件帶來的噪聲，使用壓縮擴展器型的NR等會得到很好的效果，故可依實際情況合理取捨。

圖(209)爲該裝置3D和聲場擴大器，控制器電路原理圖，圖中可見L、R音源一部份經IC_1組成的濾波器取出200Hz以下的低頻成份進入3D功率放大器，而另一部份則被送至聲場擴大電路，通過MODE（方式轉換開關）來加入或不加入被延遲的原訊號，從而獲得音場擴大或一般的3D系統。即當開關打向AMB時，由於L、R訊號與被延遲的原L、R訊號混合，聲場相位變化從而使音場得到擴大，反之當MODE打向AS時，L、R聲道只得到一個被延遲的原訊號，只能聆聽到一點殘響效果。

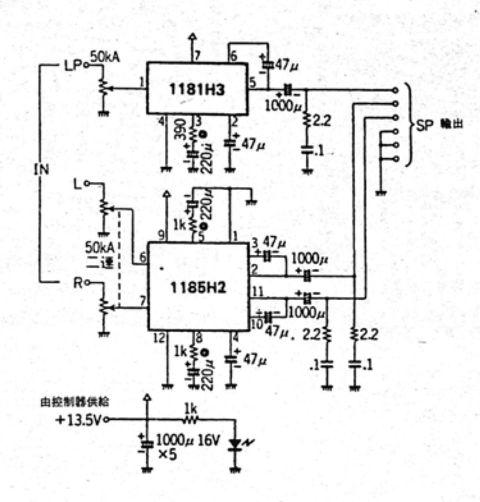
圖(210)爲功率放大器（3路）電路圖。其中μPC1181H3作爲LP功率放大器，μPC1185H2由於是雙聲道功率放大器故擔當L、R聲道的功率放大器。

圖(211)給出了本裝置的印刷電路板圖及元件安裝圖。

連接本裝置時，即連接控制部份和功率放大器部份的訊號綫路板上，請使用屏蔽綫。



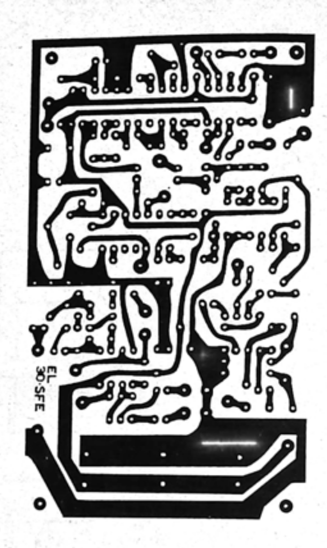
圖(209)

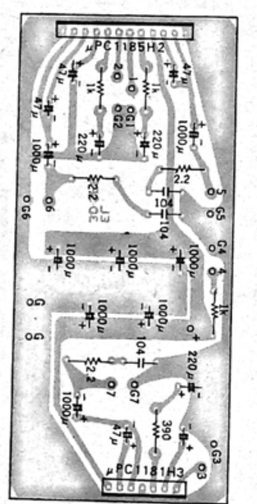


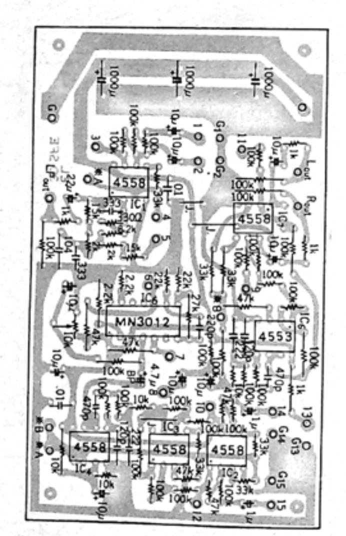
LP
50kA
1181H3
47μ
1000μ
2.2
.1
390
220μ
47μ
IN
SP 輸出
L
1k
220μ
50kA
二連
R
1185H2
47μ
1000μ
2.2
.1
由控制器供給
+13.5V
1k
1000μ 16V
×5

圖(210)







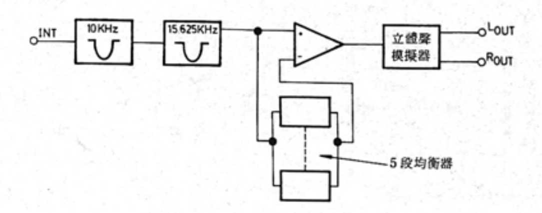


圖(211)

第十二節：音頻信號處理

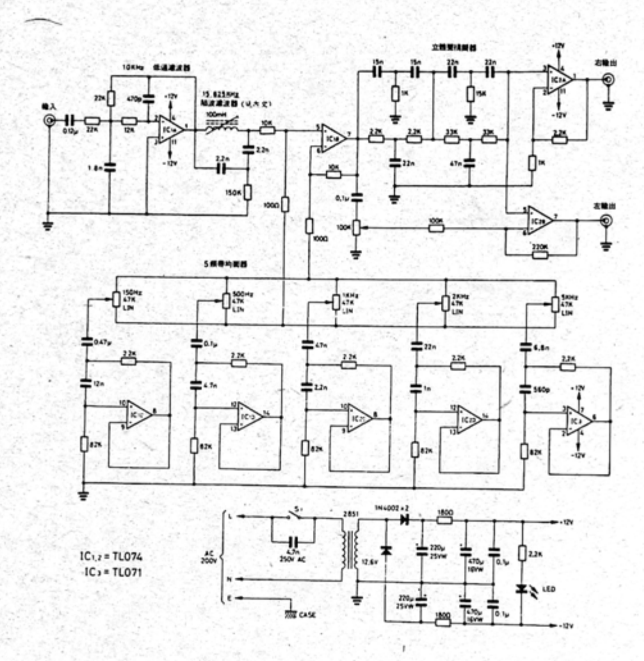
1. 多功能音响信號處理器

圖(212)爲"處理器"電路原理框圖。

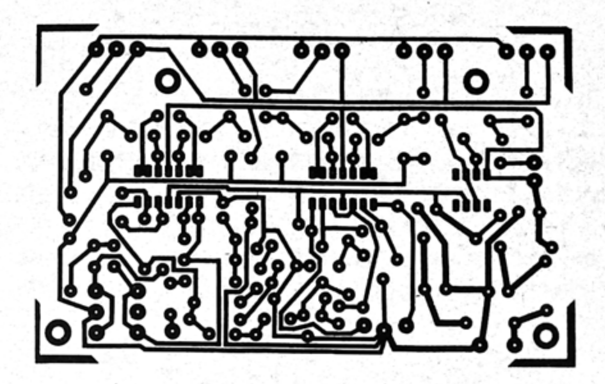


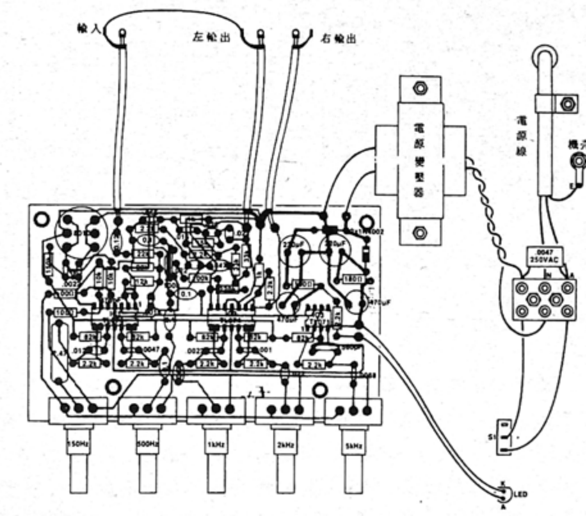
圖(212)

圖(213)爲"處理器"電路原理圖。
圖(214)則爲印刷電路板圖及裝配圖。


輸入
10KHz 低通濾波器
15.625KHz 陷波濾波器
立體聲模擬器
左輸出
右輸出
5頻帶均衡器
IC1,2 = TL074
IC3 = TL071
CASE
LED

圖(213)




輸入
左輸出
右輸出
電源變壓器
電源線
機殼
LED
150Hz
500Hz
1kHz
2kHz
5kHz

圖(214)

2. 音頻信號修飾器

Hi-Fi 能給人以聽覺的享受已是衆所周知的事，聽單聲道節目時，總覺得欠缺點什麽，而現實中單聲道音源還是很多的，那麽能否進行一些處理使之成優美動聽的聲源，本製作正是爲此目的而設計，它集靜噪、模擬立體聲及限止哼音於一身，是一個名符其實的音頻信號修飾器。

圖(215)爲“修飾器”的原理框圖。圖(216)至圖(219)分別爲電路原理圖及印刷電路板圖，各板可依圖中箭頭並參照原理框圖聯接。

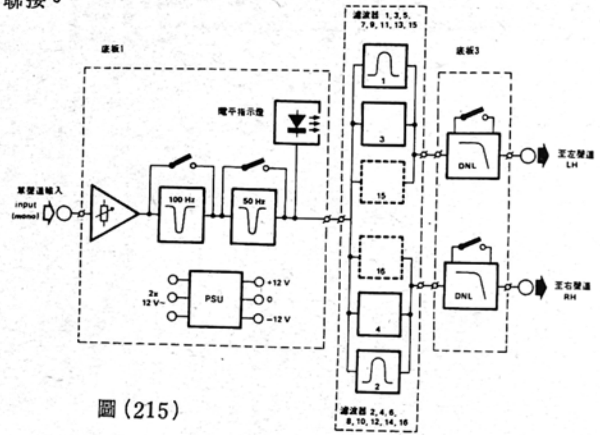


圖 (215)

圖中可見輸入信號先經過一個可調前置放大器，爾後通過二個 50Hz、100Hz 帶阻濾波器，用以去除哼音，即分別抑制兩相整流電壓之 100Hz 基頻和單相整流電壓之50Hz 基頻，電平指示用以顯示輸入靈敏度。16 段有源濾波器將音頻信號分成 16 段，按着中心頻率的遞升次序，用號碼編排濾波器輸出，將所有單數之頻段送入左聲道，將雙數之頻段送入右聲道，由此感受到聲音在兩個揚聲器走動的立體聲效果。最後進入降噪系統。

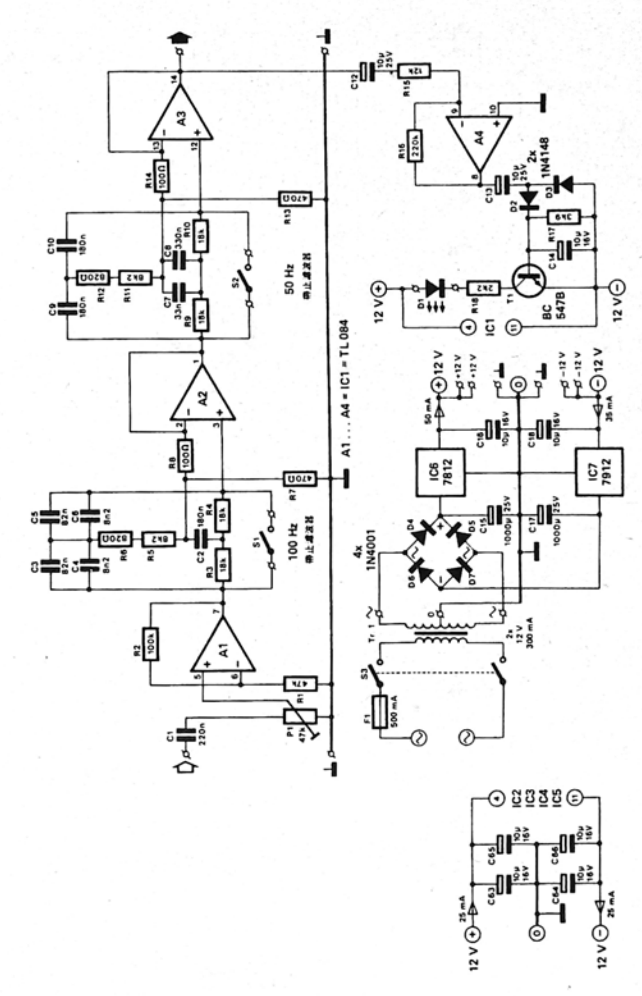
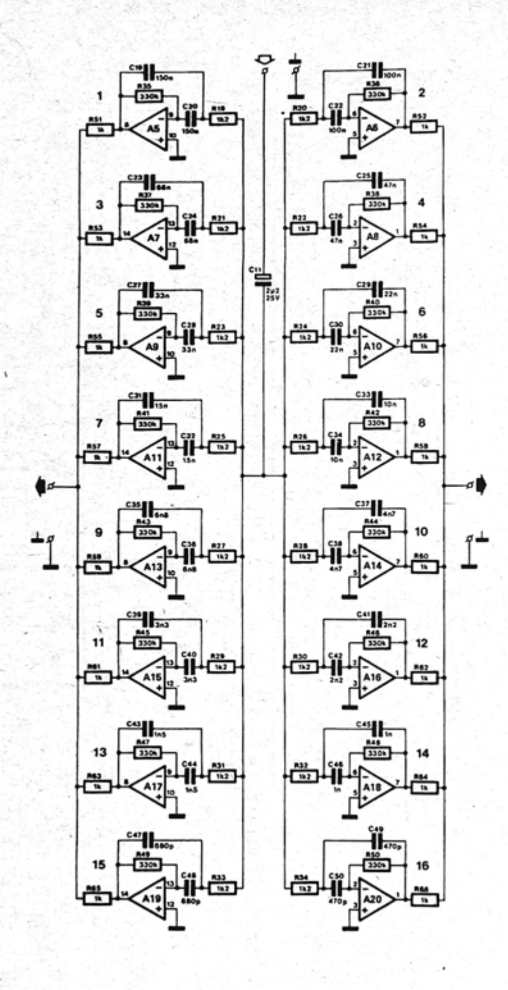
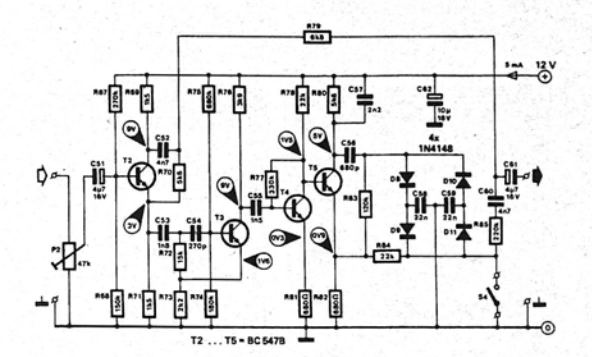


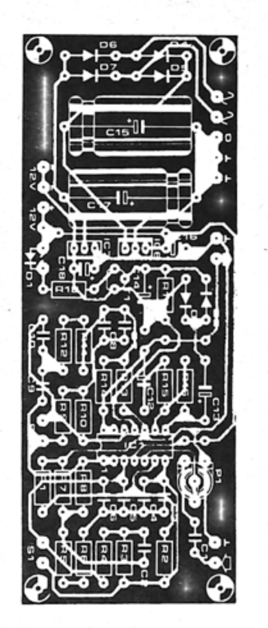
圖 (216)

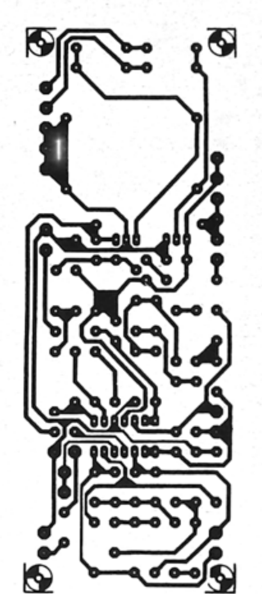


A5 … A8 = IC2 = TL 084
A9 … A12 = IC3 = TL 084
A13 … A16 = IC4 = TL 084
A17 … A20 = IC5 = TL 084

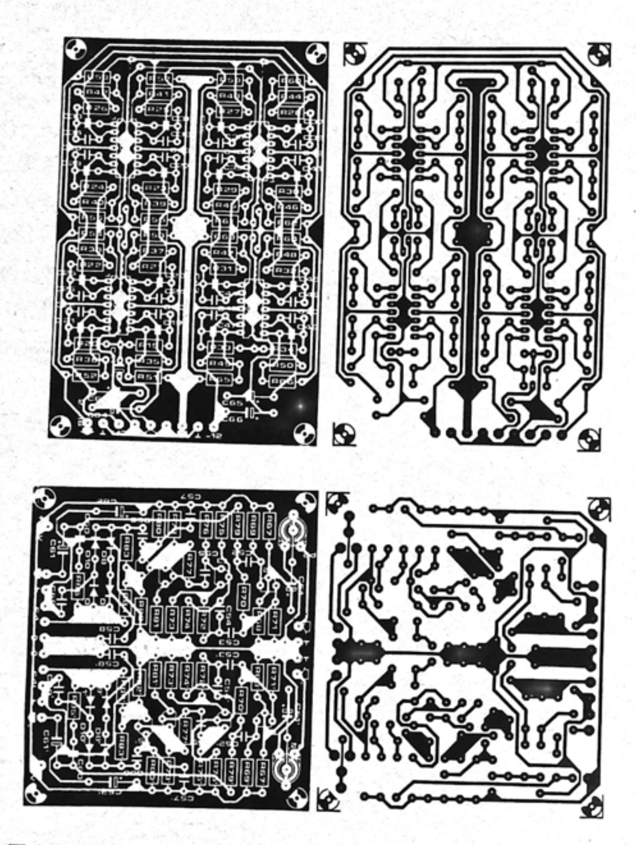
圖(217)







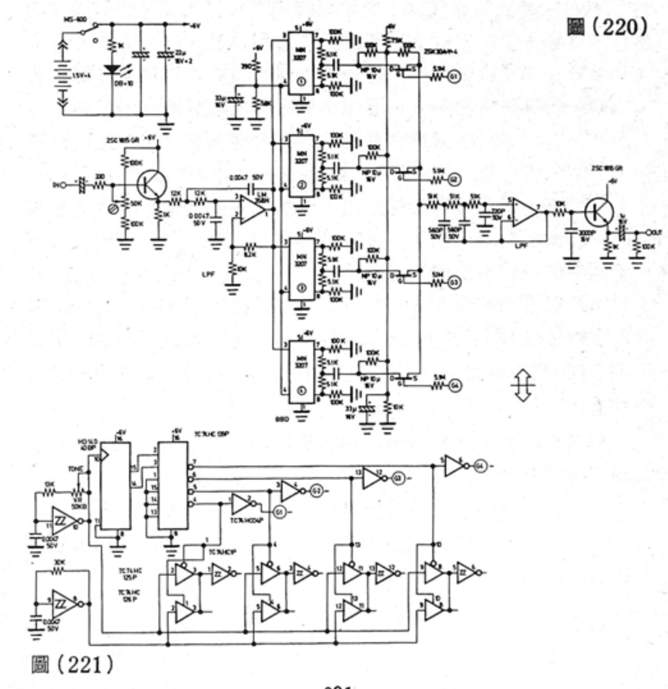
圖(218)



圖(219)

3. 電子式變聲裝置

如何通過美妙的歌唱，以自己的表現力，彌補與他人的差距，使周圍的人快樂，這是每一位年輕人所注目的問題。本文介紹的電子式變聲裝置正是爲此所設計，從這個裝置發出的聲音是一種傑作，與平常聽慣的聲音完全不同，成了很有趣的聲音。它與改變了轉速的電唱機、錄音機放出的聲音完全一樣，只是聲音的速度與通常講話時一樣，因此不是一種說的很快的話，也不是延長節拍間隙的說話方式，而是一種新的“自我”因此有了此裝置，在緊要關頭使其動作，一定會捲起爆笑的旋渦。



圖(220)

圖(221)

圖(220)、(221) 為電子式變聲裝置的實驗電路，該電路可粗略地分為模擬與數字兩部份。

模擬部份的主要由輸入、輸出級的低通濾波器，斗鏈式器件(BBD)，模擬開關組成。其中4個BBD器件互相交替使用，藉此將原來的聲頻變高至1倍以上或一半以下。

數字部份利用施密特觸發器產生基本時鐘和再生時鐘。這種再生時鐘傳送再生基本時鐘，而基本時鐘把輸入電壓傳送並存儲到BBD器件中，用12位的計數器HD14040 BP對它進行計算，每次使1024級再生並傳送，按順序選擇並控制BBD 器件和模擬開關。

電路的基本原理是，在模擬輸入級用雙運放構成一個f_c 約為3.6KHz的低通濾波器，訊號經過它之後送入MN3207 BBD器件的3腳。7、8腳2個輸出滙成1個輸出，利用電子開關令4個BBD器件輪流導通，使原來訊號的頻率得以改變，經場效應管輸出的訊號再經過一個低通，則在輸出端就得到一個變了音的訊號，改變TONE電位器的阻值，時鐘頻率變，BBD 輪流導通的時間也變，從而改變了聲音的頻率。這是本裝置的實質原理。

製作時，可從數字部份開始，這部份主要檢查基本時鐘和再生時鐘的振盪頻率，如基本時鐘可變到10KHz 左右，再生時鐘可變到它的一半至二倍即可。

如計數器正常動作，一定可以在譯碼器TC74HC139P上得到再生時鐘的約1/2000 頻率的負脈衝。同時在三態門電路TC74HC126P的輸出中一定以1:3的比例交替輸出基本時鐘和再生時鐘。

模擬電路先製作輸入級的射極跟隨器與低通濾波器，請注意按頻率特性動作。

再裝配輸出級的低通濾波器和射極跟隨器，檢查其動作，這時如在輸入(51KΩ的頂端)上沒有加上3～4V左右的偏壓便不能很好的動作。

最後做好BBD器件周圍的佈綫即告完成。轉動初級的 50KΩ的半可變電阻進行調整，使在這個裝置的輸入上加入0.3～0.5V的正弦波時，輸出不失眞。如發現有失眞，可認眞調整BBD器件的輸出電平，或選用離散少的BBD器件。

裝置的特性與用法：首先是輸入電壓最大達0.3V，由於增益約5 dB，故最大輸出電壓為0.5V還多。

頻率特性：當輸入輸出頻率之比為1:1時，輸出頻為3.3KHz(-3dB)；當輸入、輸出頻率之比為1:2時，輸出頻率為5.2KHz(-3dB)。

當電源電壓為6V時，耗電<20mA。

應用時，如在輸入不飽和的程度把聲音等訊號加到"IN"，便可從"OUT"得到變聲的訊號。

此裝置可安裝入前置放大器與功率放大器之間。

最初使用時，可把"TONE" 電位器調到正常(沒變聲)位置上，然後可根據自己的興趣及所想得到的效果將"TONE" 轉到"HIGH"或"LOW"端即可。

第三章：

電源、保護電路、音箱、 機櫃

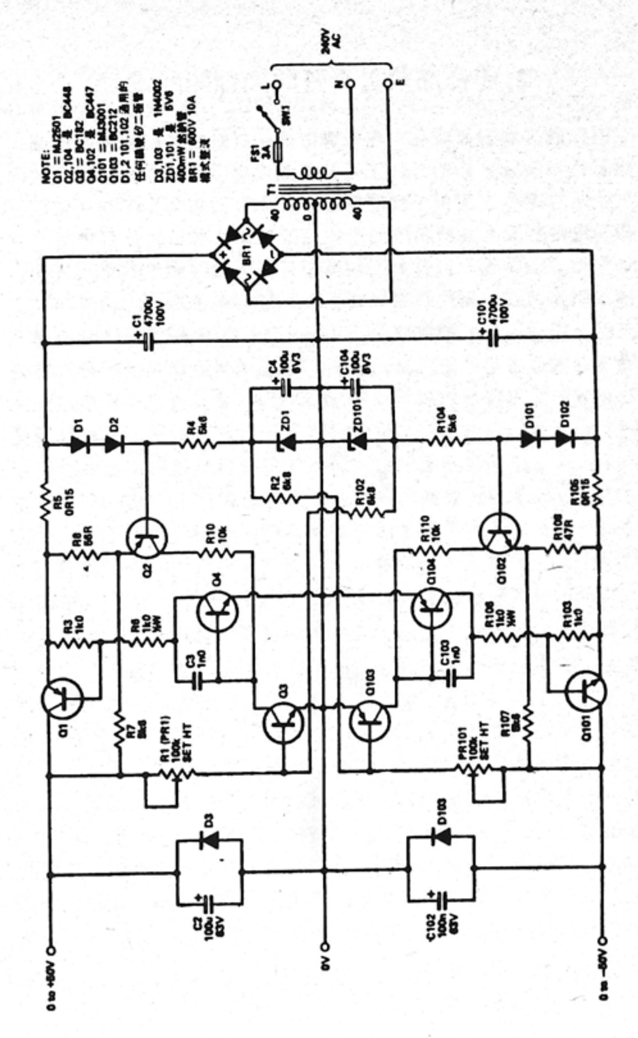
第一節：電源、保護電路

好馬可以不必配金鞍，但如果一個優良功率放大器沒有配上優良的電源，那它則會身價倍跌。因此，所有廠家或玩家在生產或製作功率放大器時，對其電源部份，都是倍花心機。

優良電源電路除了有：電源變壓器、整流器、濾波器和穩壓器四個基本部份外，還應具有：軟起動、過載保護、短路保護及揚聲器保護等功能。

1. Hi-Fi穩壓電源

圖(222)是一Hi-Fi穩壓電源，看正電源部份，Q_1為串聯控制元件。啓動電源後，D_1、D_2為Q_2 提供正向偏壓使Q_2 導通，使一個被放大的電流經R_5、R_8、Q_2和R_{10}送到Q_4 的基極，導通Q_4為Q_1 提供正向偏置，使Q_1導通。該電路的誤差放大器由Q_3和Q_4組成，當Q_1 導通後，輸出電壓上升到足夠高的電平時，經R_1和ZD_{101}構成的取樣電路提供偏置，使Q_3工作進行誤差控制，當輸出電壓過高時，流過Q_3的電流增大，使Q_4的基極電流減少，流經Q_4的電流變小，使Q_1的正向偏置減少，Q_1 上的壓降增大，使輸出電壓降低，達到穩壓目地。反之亦反。該電路的限流保護電路R_5與Q_2組成，當電流超過限定值時，在R_5上的壓降將會破壞由D_1和D_2為Q_2 提供的有效正向偏壓，使Q_2截止，因此電流就無法進入Q_4和Q_1 ，使輸出電流限制在預定值。



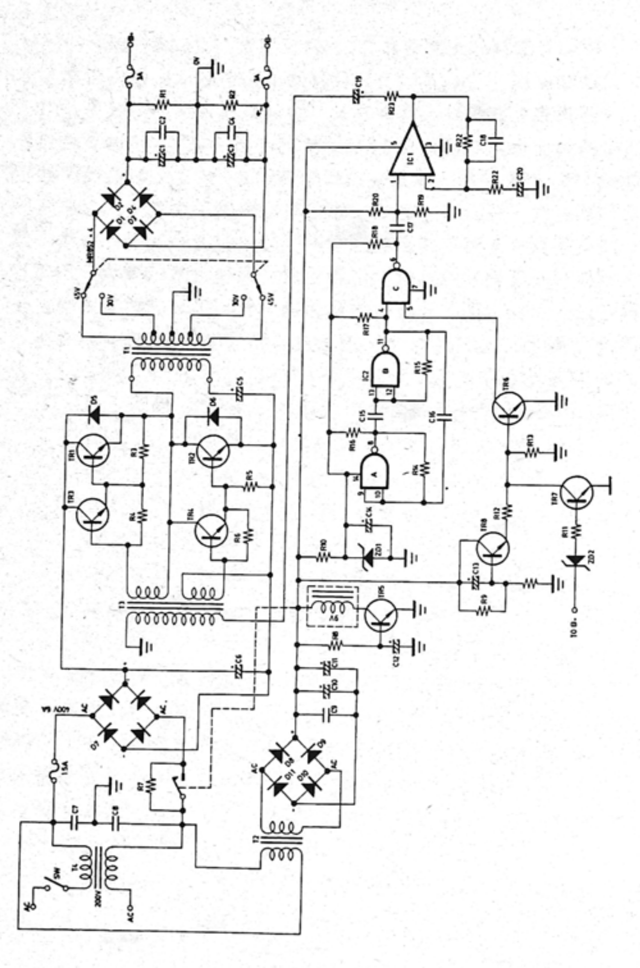
圖(222)

2. 能提高放音音質的高頻開關電源

隨着音響的微型化，在音響方面一直默默無聞的開關電源，現已異軍突起，逐漸替代了低頻電源變壓器，被應用於頂級放大器上。它不但損耗少，體積重量小，而且因以高頻工作，使電源的高頻內阻低，令功率放大器的高頻響應改善，音質更趨完美。

圖(223)即為一優質的高頻開關電源。電路中TR_5、C_{12}和R_8構成延時電路，當開關SW合上時，電源經T_4、R_7和D_7向C_6充電。同時，C_{12}被流經R_8的另一電源充電，TR_5延時導通，繼電器吸合將起動電阻R_7短路。保證了保險絲免受起動時的充電衝擊電流的衝擊而損壞。T_4又與C_7、C_8組成一濾波電路，以防止高頻諧波混入交流供電綫路，干擾其它電器等。輔助變壓器T_2，次級輸出經整流後，將直流電源供給低壓部份電路使用。IC_{2A}與IC_{2B}被接成一振盪器，輸出經IC_{2C}整形成一佔空比為一比一的方波信號，然後被送至電平鑒別放大器IC_1的輸入端。IC_1將其放大成一乾淨利落之方波，再送到隔離變壓器T_3的初級，由次級輸出，交替地推動TR_3和TR_4，使TR_1和TR_2交替進入飽和及截止狀態，將一高頻交流信號送到T_1的初級，經T_1的次級耦合，由高速整流子整流和電容濾波後供負載使用。TR_6、TR_7和TR_8加上其外圍元件，構成電源過載和短路保護電路。當電源接通後，TR_8和TR_6導通，將一低電平送至IC_{2C}的輸入端，使其輸出為零，方波信號無法加到T_1的初級，開關電源沒有輸出。但當ZD_2的正極被接至輸出電壓的正極時，如果輸出電壓高於VZD_2＋TR_7的VBE時，TR_2即導通，使TR_6截止，將一高電平引入IC_{2C}的輸入端，接通方波信號，使開關電源工作有電壓輸出。故若輸出電壓因過載或短路，使輸出電壓小於VZD_2＋TR_7的VBE時，本機即自動停止，而完成了保護的使命。

該電源的調試，應先將ZD_2的正極接至C_{10}的正極，待測試完後接回原處。TR_1與TR_2要待其他部份測試無誤後再接入電路，這可避免在測試過程中損毀。接通電源後，用電壓表量T_2部份的整流輸出電壓約為11V，VZD_1為5V。用示波器或頻率計測IC_1的輸出端，應為一頻率約20KHz的正方波信號，如頻率偏差過大，可調C_{15}和C_{16}使之盡量準確。注意，該方波波形必需乾淨利落，否則將影響該電源的效率與壽命。延時電路方面，只需有一至兩秒的延時即足夠。對於保護電路，當ZD_2的正極與C_{10}的正極分離，應沒有方波輸出，再接通，方波重新出現，然後可將TR_1、TR_2接上，以示波器測量T_1的次級，同樣應看到一正方波信號，最後接上負載，如輸出波形有崩潰現象，可調整R_4和R_6，直至獲最佳效率。

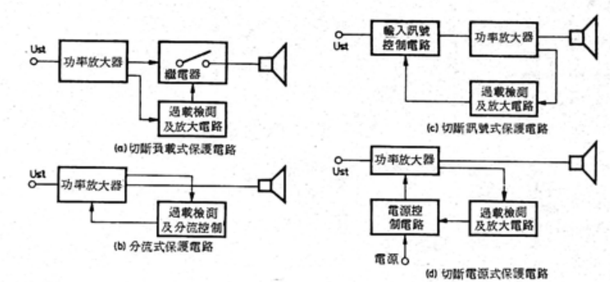


圖(223)

3. 揚聲器保護電路

揚聲器是一種將電能轉變爲聲能的器件，它是聲音重放的一個重要部份。因此，我們不僅要能正確地選用揚聲器，而且，非常有必要對其進行保護以免招損壞。

在Hi-Fi 系統中，大多數的揚聲器都是因承受過大功率而引起其音圈受損，細分析之，導致功率過大的原因有：一是開機時的瞬間大電流衝擊；二是由於直接耦合放大器的出現，當放大器內部出現故障，使放大器有如一電源經揚聲器短路；三是分頻



(a) 切斷負載式保護電路

(b) 分流式保護電路

(c) 切斷訊號式保護電路

(d) 切斷電源式保護電路

圖(224)

電路故障，讓低頻信號誤入中、高頻揚聲器，或中頻信號誤入高頻揚聲器。這時，低頻大振幅信號，就會損壞中頻揚聲器或高頻揚聲器的音圈；另外，因新的錄音技術沒有對諸如鋼琴之類樂器所產生的大訊號峰值進行“壓制”，由有可能造成揚聲器損壞。

在揚聲器回路中串入合適的保險絲乃是最簡單的保護形式。但是，由於保險絲往往會不能及時地熔斷，尤其是在放大器故障時，所以，通常的保護措施是以繼電器爲基礎。根據不同的要求和精度，揚聲器的保護電路可有許多不同形式，它與放大器和揚聲的關係如圖(224)所示。

4. 揚聲器超載保護電路

圖(225)爲一揚聲器過載保護電路，其左、右輸入分別取自放大器的揚聲器輸出。當某一聲道的信號大到足以使 C_1 或 C_2 上的電壓大於 Q_1 或 Q_2 的峰點電壓時，單結晶體管將迅速導通，並在 R_7 上產生一脈衝電壓使 SCR_1 導通，繼電器 RY_1 吸合，將左、右揚聲器切除。

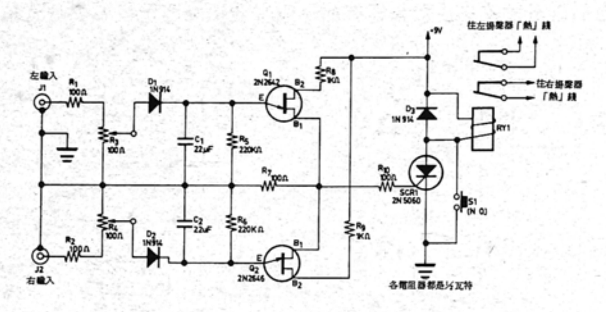


圖 (225)

5. 光電耦合揚聲器保護電路

圖(226)即爲一採用光電耦合器的揚聲器保護電路，該電路的最大特點就是利用了光電耦合 IC，有效地隔離了放大器之輸出與此控制電路的聯系。由於C的存在，本電路在放大器接上電源後，經一延時方把揚聲器接上，當揚聲器回路中出現直流信號時（尤其是在OTL、OCL 電路中），就能瞬時將揚聲器切除，以免遭致毀壞。該電路的延時接通時間爲 3 秒。且在左或右聲道輸出超過 3.2V 時，即將揚聲器切除。

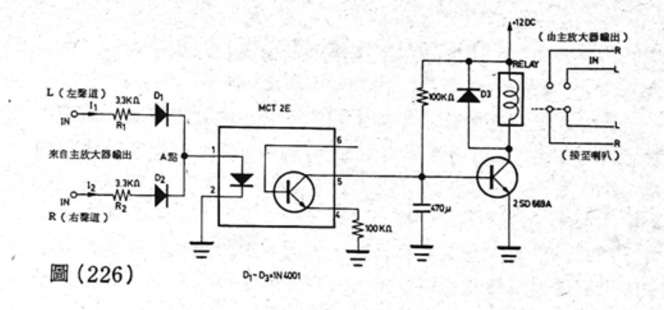
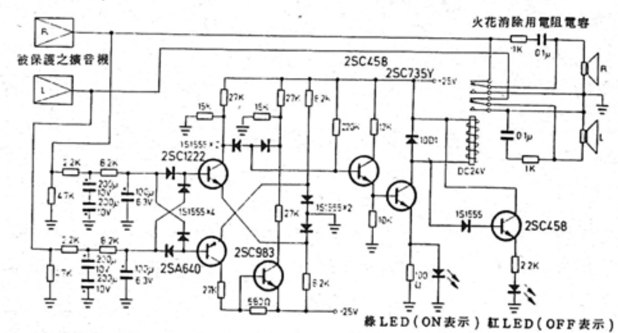


圖 (226)

6. 高靈敏度揚聲器保護電路

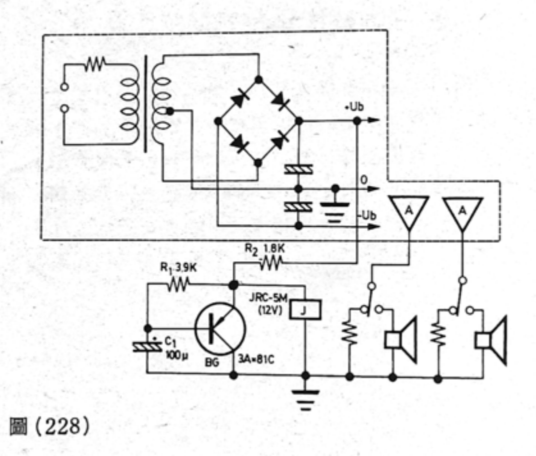
圖(227)爲該電路原理圖。其最大的特色就是靈敏度高，只要在揚聲器回路中有 400 mV 的直流成份，電路即動作。該電路由交流濾除電路、直流漂移檢知電路、繼電器驅動電路和LED 顯示驅動電路等構成。電路中選用的繼電器爲 24 V，要求能在 20 mA 左右動作。在繼電器的觸點間接入了消除火花用的 0.1 μF 電容和 1 KΩ 電阻，這在大功率放大器中甚爲重要，起保護繼電器接點作用。

圖 (227)



7. 切斷負載式開關機保護電路

圖(228)是一個消除功率放大器“卜”聲的實用電路。當電源接通時，電容C_1上電壓爲0 V，T_1導通，將繼電器J的激磁綫圈短路，暫不接通揚聲器，當C_1充電到一定值時，T_1截止，繼電器J的激磁綫圈受電，從而保證在放大器的“卜”聲信號產生後才接通揚聲器。當電源關斷時，則因C_1的放電時間，較電源中的電容的放電時間要短得多，使繼電器J迅速失磁，在放大器的“卜”聲信號產生之前已切斷了揚聲器。

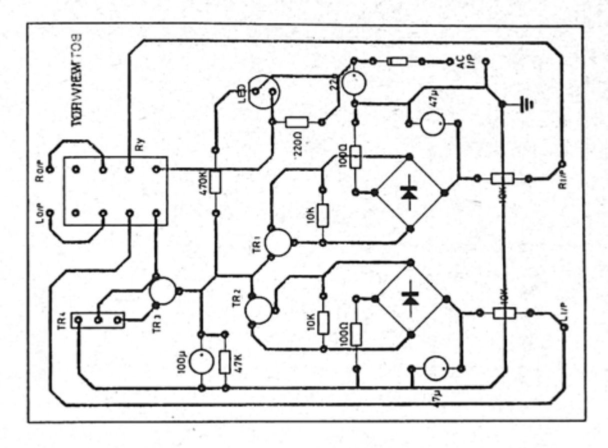


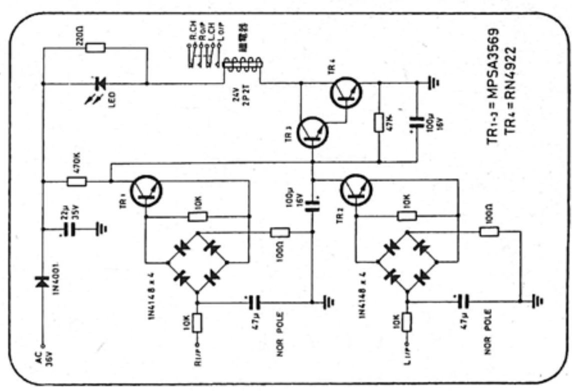
圖(228)

8. 切斷負載式揚聲器保護電路之一

圖(229)爲一功能較全面的揚聲器保護電路，該電路因在TR_3的基極前接有一電容，故使得揚聲器在開機時能延時接通，停機時又能提前切斷而避免了開停機時的“卜”聲衝擊。另外，由兩個硅橋分別與TR_1和TR_2組成的兩個檢測電路，各自接在左、右聲道的揚聲器回路上，當放大器發生故障使揚聲器回路產生直

流電流時，TR_1或TR_2將立即飽和導通，使TR_3、TR_4截止，繼電器釋放切斷揚聲器電路，因此，該電路既能使揚聲器免受開、停機時的“卜”聲衝擊，又能保證揚聲器在放大器故障時不受直流電流的損壞。





圖(229)

9. 切斷負載式揚聲器保護電路之二

圖(230)另一款揚聲器保護電路，該綫路有元件少，功能全的優點。其避免開關機“卜”聲衝擊的充放電回路是經 100μ 的電容C和 15K 、1K 的電阻形成。而直流電壓信號則是由兩 4.7 K的電阻分別從左右聲道揚聲器回路中引出，經硅橋送出，控制繼電器動作。

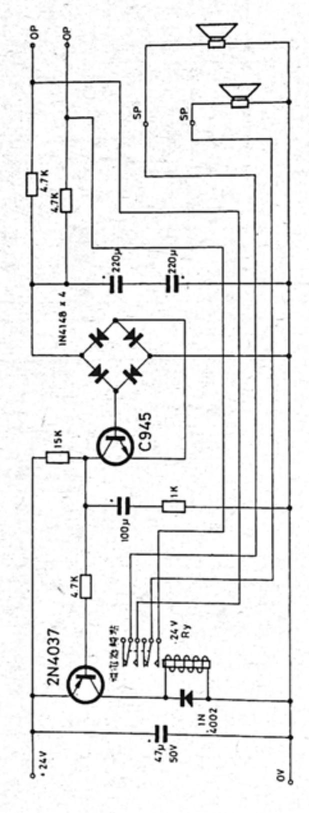
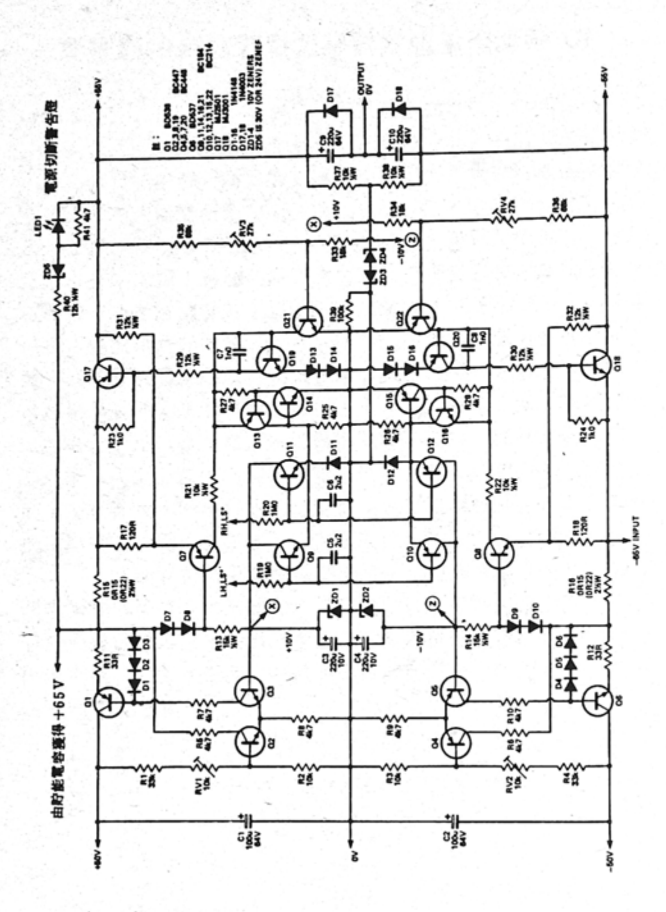


圖 (230)

10. 帶切斷電源式揚聲器保護電路的穩壓源

圖(231)爲一完整的電源電路。該電路中Q_1和Q_2、Q_{17}和Q_{18}爲串聯控制元件，其中Q_1和Q_2部份爲低電流穩壓，而Q_{17}和Q_{18}則爲主穩壓調整管，因而形成高精度穩壓源。圖中的Q_9、Q_{10}、Q_{11} 、Q_{12} 、Q_{13} 、Q_{14} 、Q_{15} 和 Q_{16} 構成揚聲器直流偏置保護電路。在正常情況下，Q_{13} 、、Q_{14} 、Q_{15} 和 Q_{16} 都不導通，但當左（或右）聲道有直流信號由橋式檢拾電路（圖上未畫出）送至R_{19}（或R_{20}）時，對應的Q_9和Q_{10}（或Q_{11} 和 Q_{12}）將受正向偏置導通，使Q_{13} 和 Q_{14} 和 Q_{15} 和 Q_{16}組成的雙晶體管電路—“可控硅”迅速雪崩導通，使Q_{19} 和 Q_{20} 因其基極電位迅速降低，並近似接地，使Q_{17} 和 Q_{18} 截止，從而迅速關斷電源。該電路還具有過載保護功能，由Q_7和Q_8 組成限流電路。Q_7和Q_8分別由二極管D_7、D_8和D_9、D_{10}提供偏置，當輸出的電流過大時，則該偏置會串在電流回路的R_{15}（或R_{16}）上的壓降增大而減少，而使Q_7（或Q_8）最終截止，使得Q_{19}（或Q_{20}）因沒有基極電流而截止，令Q_{17}（或Q_{18}）截止關斷故障電路電源。

該電路在製作時，必須注意從電源變壓器 0 點至貯能電容器負端的引綫，要採用粗導綫經最短路徑相連，且該點須經一焊片在最近的地方與機殼相連，形成最短的地回路。否則，將可能出現哼音。



圖(231)

第二節：音箱、機櫃製作

一、音箱製作

1. 高保眞音箱製作

以下介紹的五種高保眞音箱，均採用 $6\frac{1}{2}$ 吋全頻帶揚聲器。由於只用一只揚聲器，因而不需要複雜的分頻網絡，五種音箱都經過專門測試和聽音，證明性能優良。

(1) 多孔倒相型音箱

這是倒相型音箱的一種變型，即將反相孔分爲多個小孔，又稱爲低頻超反射型，特點是具有良好的瞬態特性和阻尼。其容積公式爲：$V = \dfrac{1.4\times10^4\times a^4}{\alpha S_0}$ (1)，其中 $\alpha = (\dfrac{f_0c}{f_0})^2 - 1$；$S_0 = 4\pi^3 f_0{}^3 m_3$ (dync/cm) 式中符號同倒相型，本例 f_0c= 75 Hz，計算如下：

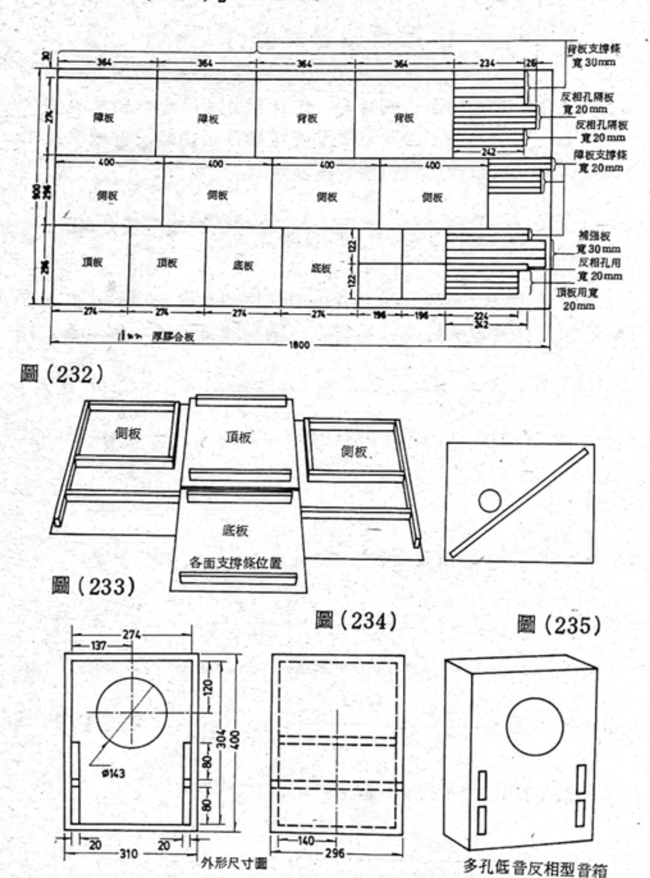
$$\alpha = (\frac{75}{45})^2 - 1 = 1.78;\quad S_0 = 4\times\pi^2\times45^2\times6.7 =$$

$$535623\,(\text{dyne/cm}),\ V = \frac{1.4\times10^4\times6.4^2}{1.78\times535623} = 24.6\,(1)$$

反相孔的開口面積取揚聲器有效振動面積的 1/2～1/5，本例取 1/2，即 $S = \dfrac{\pi a^2}{2} = \dfrac{\pi\times6.4^2}{2} = 64\,\text{cm}^2$，分爲 4 孔，每孔面積爲 16 cm^2，取 f_0 = 60 Hz，則孔深度 $L = \dfrac{3\times10^4\times S}{f_0{}^2\times V}$

$$-\,0.98\sqrt{S} = \frac{3\times10^4\times64}{50^2\times24.6} - 0.98\sqrt{84} = 14\text{cm}$$

製作：在決定箱體的各部份尺寸時，要注意不能使高、寬、深的尺寸成整數比。板材用 18 毫米厚的膠合板，按圖(232)下料，圖(233)是各板支撐條及補強板固定位置。圖(234)是外型尺寸，圖(235)是成品外形圖，音箱內應填入適量吸音材料，揚聲器採用 6 F－1 W (B) 6½ 吋全頻帶揚聲器。



圖(232)

圖(233)

圖(234)

圖(235)

(2) 倒相型和密閉型音箱兩例

倒相型音箱由於沒有倒相孔，使揚聲器背後產生的聲波因亥姆霍茲共振原理而共振，因而較小容積也能得到豐富的低音。在音箱最低共振頻率相同時，倒相型的容積只是密閉型的 $1/\sqrt{3}$。

倒相型音箱的容積公式是

$$V = \frac{355 \times a^4}{\alpha n f_0^2 \times m_0} \quad (1)$$

式中：a 爲紙盆有效振動半徑，f_0 爲揚聲器最低共振頻率，m_0 爲振動系統質量。本例採用的揚聲器型號是 6 F－1 W (B)，其主要性能見表 1。在揚聲器等效Q值等於 0.42 時，式中 α 可取 1.2。計算容積 V = 32 (1)。

表1　6F－1W(B)性能

額定阻抗	4Ω　5Ω
額定功率	70 W
最低共振頻率	45 Hz
有效頻率範圍	f_0～20,000 Hz
輸出聲壓電平	dB/W－m
磁通密度	10,500 高斯
總磁通	95,000 ma × Well
障振開孔孔徑	前面 φ143mm 後面 φ144mm
重量	1.26 Kg
有效振動半徑	a = 6.4 cm
振動系統質量	n_0 = 6.79　Q_0 = 0.42

倒相孔的開口面積，一般取揚聲器有效振動面積的 1～1／5 左右，本例取 1／3，開口面積：

$$S = \frac{\pi a^2}{3} = \frac{\pi \times 6.4^2}{3} = 42.9\ cm^2$$

孔的半徑為 $r=\sqrt{s/\pi}=3.7$ cm

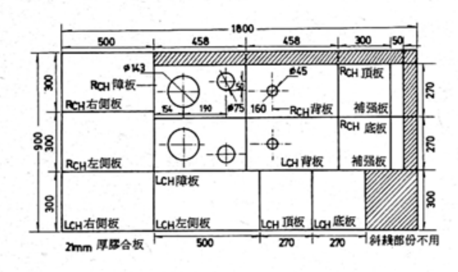
孔的深度 $L=\dfrac{3000\times S}{f_\alpha^2\times V}-0.825\sqrt{S}$

式中 f_α 是倒相管的共振頻率，當 $Q_0=0.42$ 時，揚聲器最低共振頻率是 45Hz，而 f_α 最適當的值是 f_0 的 0.3倍，即：$f_\alpha=0.9\times45=40.5$Hz，故

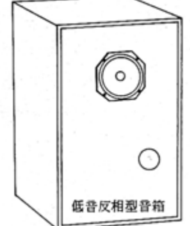
$$L=\frac{3000\times42.9}{40.5^2\times32}-0.825\sqrt{42.9}=19\ \text{cm}$$

本例以取得較低的諧振頻率為目標，取 L = 16cm。

製作：用21 毫米厚膠合板，按圖(236)下料，箱體各板用木工膠粘合，內部各結合部應加小方木條加固，補強板的兩端分別固定在兩側板的中部（頂住兩側板）。倒相管可選用 16cm 長，直徑 ϕ7.39cm 的塑料硬管。箱內各面應粘貼適當厚度的吸音材料，如玻璃棉等。製成的音箱外形見圖(237)。

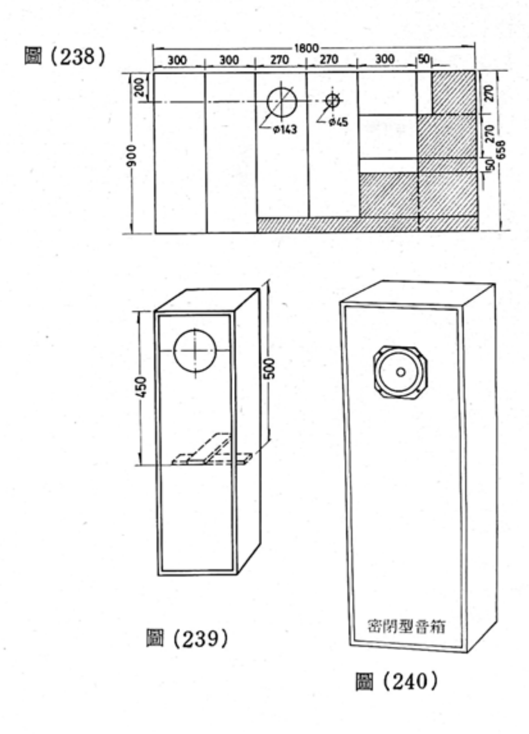


圖(236)



圖(237)

密閉型音箱的頻率特性很平坦，但容積稍大，求容積的公式同倒相型，只是 $\alpha=(\dfrac{f_{ac}}{f_a})^2-1$，$f_{ac}$ 是音箱內裝入揚聲器後的最低共振頻率，取 $f_{ac}=60$ Hz，所以 $\alpha=(\dfrac{60}{45})^2-1=0.77$，由此決定的容積 V = 59.2 (1)。揚聲器仍用 6 F − 1 W (B)，板材也用21 毫米厚膠合板，按圖(238)下料；圖(239)是補強板位置，製成的音箱如圖(240)，箱內仍需填吸音材料。



圖(238)

圖(239)

圖(240)

(3) 薄型密閉音箱

製作意圖：

要求容積在 20～25 (1) 掛在壁上使用，爲了不對人產生壓迫感，厚度不宜超過 150 毫米。

本例選擇容積 V = 23.8 (1)，除去揚聲器及補強材料等，在此容積下，當 f_0 = 45Hz，m_a = 6.7g，a = 8.4 cm 時，最低共振頻率爲 75.8 Hz，實際製成的音箱經測試，最低共振頻率比上述值略低，爲 70 Hz。

製作：仍選用 6 F－1 W (B) 型揚聲器，板材厚度取 12 毫米膠合板，按圖(241)下料，圖(242)是結構尺寸，成品外形見圖(243)，箱內應塡入吸音材料。

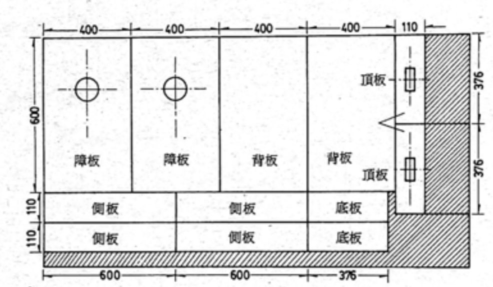


圖 (241)

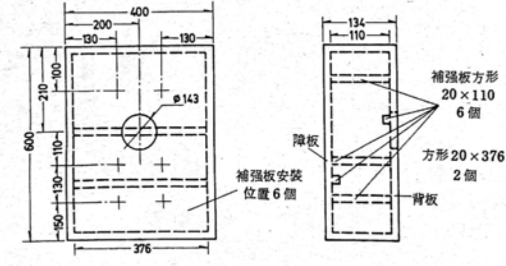


圖 (242)

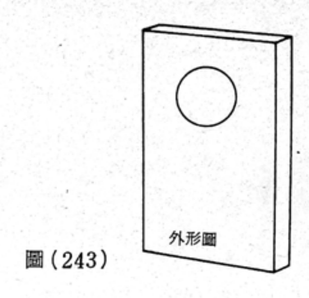


圖 (243)

(4) 超小型密閉音箱

設計目標：1. 作爲輔助系統使用；2. 放在機上或書架上。本例尺寸選爲 295 × 240 mm，內容積 V = 180 × 265 × 210 mm = 10.02 (1)，但由於裝入揚聲器、補強板及吸音材料等，實際容積比上述值小 1 (1)。

製作：選用 16 毫米厚膠合板，按圖(244)下料，圖(245)是障板結構，圖(246)是箱體內部結構，成品外形見圖(247)。箱內應塡吸音材料；揚聲器仍用前述 6 F－1 W (B) 型。

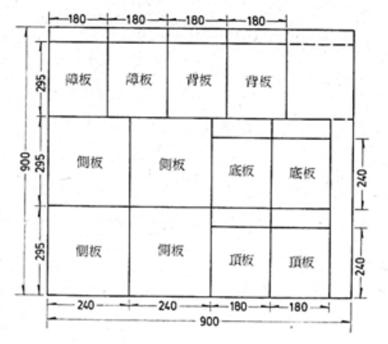


圖 (244)

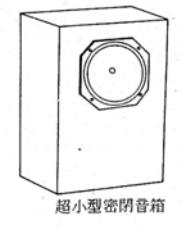
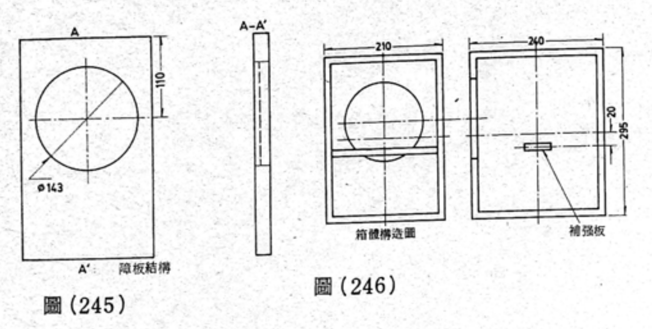


圖 (247)

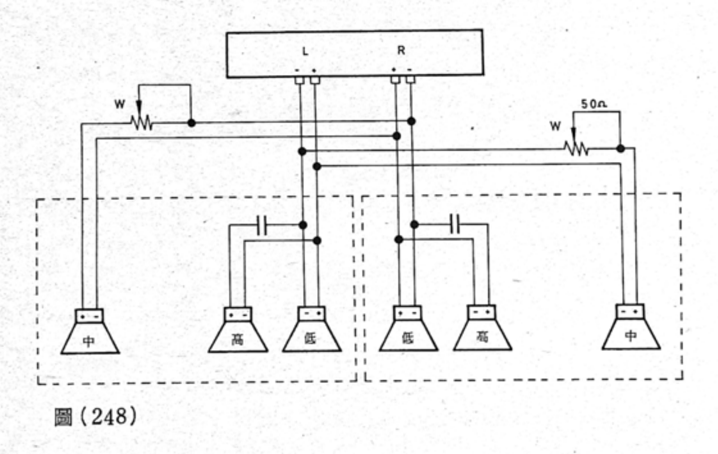


圖(245)

圖(246)

2. 有立體聲擴展的音箱

圖(248)中左聲道的中音揚聲器反相接至右聲道輸出端，右聲道的中音揚聲器則反相接至左聲道輸出端，調節電位器W，可改變反相串音量，以達到最佳擴展（展寬）效果。中音揚聲器多爲4～5吋，安裝在與低音揚聲器相距20 cm處，即兩耳的間距。

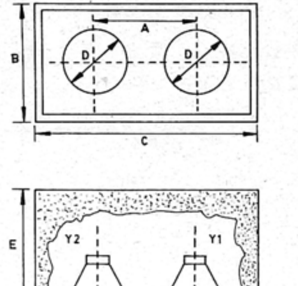


圖(248)

3. 被動式音箱

被動式音箱特點爲體積小，放音頻帶寬，即使在小音量時也能體現很好的低音效果。

被動式音箱採用密閉箱體，內裝二只普通寬頻帶揚聲器，其中一只Y_2 無磁系統、紙盆支架和音圈。（實爲一個紙盆）具有很低的諧振頻率（ 10～15 Hz ）比主揚聲器Y_1的諧振頻率（ 40～50 Hz ）低得多。當放低音時，Y_1對Y_2產生作用，迫使它振動。由於二只揚聲器的振動相同，因而使得低音得以豐富。放高音時，Y_2 因其特殊頻率很低，不再傳遞振動，故不影響Y_1 。圖中給出音箱設計數據。

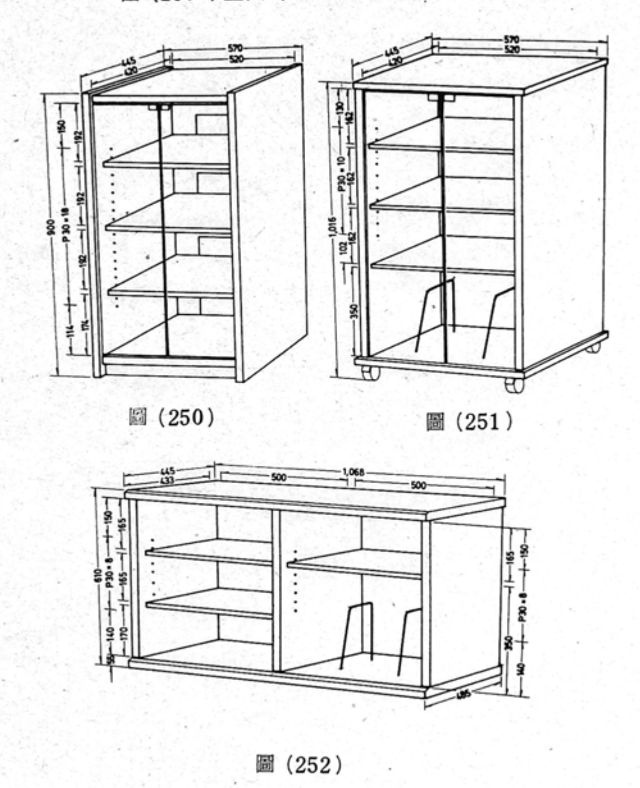


圖(249)

D mm	A mm	B mm	C mm	E mm
105	190	190	420	172
126	230	230	505	206
152	223	243	510	203
202	230	320	505	220
222	252	354	555	242
252	286	400	630	275

二、機櫃製作

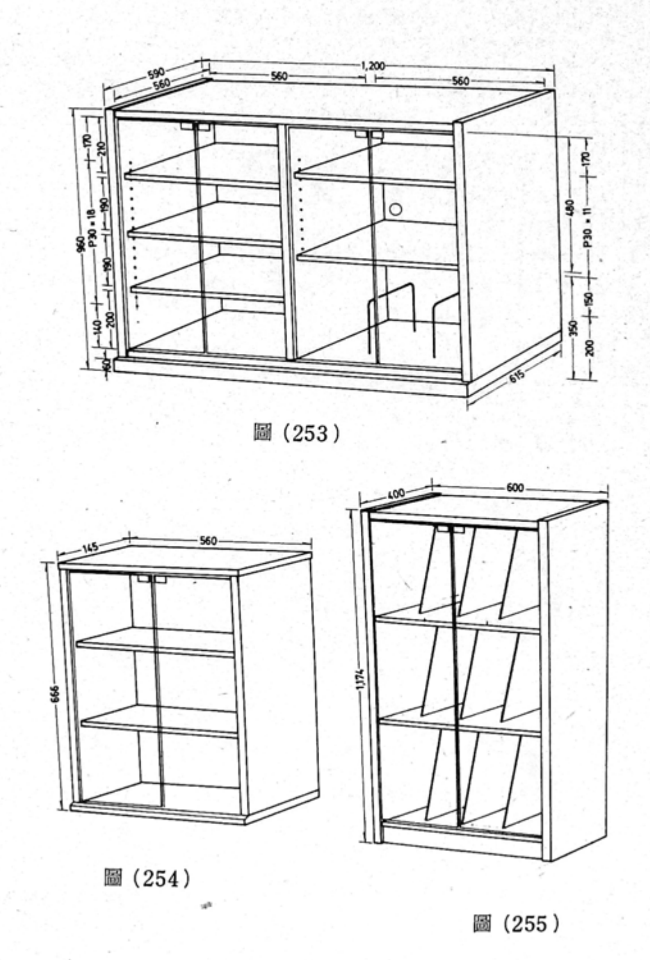
圖（250 ）至圖（255）爲幾款機櫃製作結構圖



圖（250）

圖（251）

圖（252）



圖（253）

圖（254）

圖（255）